โต๊ะงานสำหรับติดตั้งบนเครื่องเจาะ
WORK TABLE FOR DRILLING MACHINE

นายชิติสรรค์ บรรเจิดศิลป์ รหัส 57361074
นางสาววรางคณา รอดนวล รหัส 57361517

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2560

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน โต๊ะงานสำหรับติดตั้งบนเครื่องเจาะ

ผู้ดำเนินโครงงาน นายชิติสรรค์ บรรเจิดศิลป์ รหัส 57361074

นางสาววรางคณา รอดนวล รหัส 57361517

ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น

ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน อาจารย์ประเทือง โมราราย

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา 2560

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น)

.....ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน

(อาจารย์ประเทือง โมราราย)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน)

.....กรรมการ

(อาจารย์เกตุชนา บุญฤทธิ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	โต๊ะงานสำหรับติดตั้งบนเครื่องเจาะ		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายชิติสรรค์	บรรเจิดศิลป์	รหัส 57361074
	นางสาววรางคณา	รอดนวล	รหัส 57361517
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น		
ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน	อาจารย์ประเทือง โมรารายย		
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2560		

.....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษา วิเคราะห์ ออกแบบ และสร้างโต๊ะงานสำหรับติดตั้งบนเครื่องเจาะ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องเจาะให้สามารถกัดชิ้นงานได้ในแนวแกน x โดยทำการติดตั้งโต๊ะงานกับเครื่องเจาะยี่ห้อ Strong รุ่น SC–15 และโต๊ะงานสามารถเคลื่อนที่ในแนวแกน x ได้ทั้งแบบ Auto และ Manual ได้ในระยะ 130 มิลลิเมตร และเคลื่อนที่ในแนวแกน y แบบ Manual ได้ในระยะ 50 มิลลิเมตร

จากการออกแบบ และสร้างโต๊ะงานสำหรับติดตั้งบนเครื่องเจาะ พบว่า ค่าความยาวของการกัดชิ้นงานเพลาทองเหลืองสี่เหลี่ยม และเพลาอลูมิเนียมสี่เหลี่ยมในแนวแกน x ที่ระยะ 50 มิลลิเมตร มีค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยจากการคำนวณเท่ากับร้อยละ 1.25 ซึ่งอยู่ในช่วงมาตรฐานของค่าพิกัดความเผื่อ DIN/ISO 2768 ดังนั้น ค่าความแม่นยำของการกัดในแนวแกน x เท่ากับร้อยละ 98.75 และในการวัดค่าความหยาบละเอียดผิว ของชิ้นงานที่ทำการกัดร่องยาว 130 มิลลิเมตร พบว่าค่าความหยาบผิวเฉลี่ยเลขคณิต (Ra) และค่าความหยาบผิวขนาดโดยเฉลี่ย (Rz) ที่ได้อยู่ในช่วงมาตรฐานความหยาบละเอียดผิว DIN/ISO 4288 โดยค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของความหยาบละเอียดของผิวงานมีค่ามากกว่ามาตรฐาน ร้อยละ 29.32 เพราะฉะนั้น โต๊ะงานสามารถนำพาชิ้นงานให้กัดบนเครื่องเจาะได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Project title	WORK TABLE FOR DRILLING MACHINE		
Name	Mr. Chitisan	Banjerdsin	ID. 57361074
	Miss Warangkhana	Rodnuan	ID. 57361517
Project advisor	Asst.Saowalak	Tongklin	
Co-Project advisor	Mr.Prathuang	Moraray	
Major	Industrial Engineering		
Department	Industrial Engineering		
Academic year	2017		

.....

Abstract

This institutional research is the study of analysis, development and design to remake the table for installation on drill machine. This research has 2 objective: (1) to increase performance drilling machine to be able to bite the target in the x-axis by installing the task table with the bore of brands strong models SC - 15; and (2) to develop the table can be moved in the x-axis, auto and manual is in range 130 millimeters and moving in the y-axis manual in the range of 50 millimeters.

From redesigning and remaking a table for the installed on the drilling machine, it is showed that the length of the milling of the target axle shaft brass square bar and the shaft square aluminum bar in the x-axis at a distance of 50 millimeters. There is the tolerance value from the average is equal to 1.25 percent, which is in the standard range of values Tolerances DIN/ISO 2768, so the accuracy of the mill in the x-axis is equal to 98.75 percent and in the measurement of the coarse detail the surface of the target of the mill the groove length 130 millimeters found that the rough surface of roughness average (Ra) and roughness average (Rz) that is in the range of a standard resolution coarse skin DIN/ISO 4288. Average percentage of roughness of the surface details are more than standard. 29.32 percent. Therefore the work table on the work piece to bite on the punch machine effectively.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินโครงงานขอแสดงความขอบคุณบุคคล สถานประกอบการ และสถาบันที่มีส่วนสำคัญ ทำให้การจัดทำโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ทำให้ผู้ดำเนินโครงงาน ได้ใช้ห้องปฏิบัติการอุตสาหการ และได้มีโอกาสในการทำโครงงานนี้

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ได้ให้คำแนะนำแนวทางในการดำเนินโครงงาน และคอยช่วยเหลือผู้ดำเนินโครงงาน

ขอขอบคุณ อาจารย์ประเทือง โมราราย อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน ที่ได้ให้คำแนะนำและแนวทางในการทำโต๊ะงานสำหรับติดตั้งบนเครื่องเจาะ และการใช้เครื่องมือ

ขอขอบคุณ อาจารย์เกตุชนา บุญฤทธิ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ และเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในการดำเนินโครงงาน

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน ที่ได้ให้คำแนะนำ และเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในการดำเนินโครงงาน

สุดท้ายนี้คณะผู้ดำเนินโครงงานขอขอบคุณบิดามารดา ที่คอยสนับสนุนในด้านการเงินและเป็นกำลังใจให้แก่ผู้ดำเนินโครงงานมาจนสำเร็จการศึกษา

ผู้ดำเนินโครงงาน
นายชิติสรรค์ บรรเจิดศิลป์
นางสาววรางคณา รอดนวล
พฤษภาคม 2561

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูปภาพ ..... ซ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน 1
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ 1
1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน 2
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน 2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน 2
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น 4
2.1 การออกแบบเครื่องมือ 4
2.2 การวางแผนสำหรับการออกแบบอุปกรณ์โต๊ะงาน 4
2.3 เครื่องเจาะ 6
2.4 เครื่องกัด 12
2.5 ค่าพิกัดความเผื่อ 23
2.6 ความหยาบละเอียดของผิวงาน 23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน 28

3.1 ศึกษาและทำความเข้าใจลายละเอียดต่างๆ ในการทำโต๊ะงาน 29

3.2 การออกแบบโต๊ะงาน 29

3.3 การหาวัสดุและอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทำโต๊ะงาน 29

3.4 จัดทำโต๊ะงาน 29

3.5 การวิเคราะห์และทดสอบโต๊ะงาน 29

3.6 การปรับปรุงแก้ไขโต๊ะงาน 30

3.7 สรุปผลการดำเนินงาน 30

3.8 จัดทำรูปเล่มโครงงาน 30

บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงงาน 31

4.1 วิเคราะห์ผลการดำเนินโครงงาน 31

4.2 การออกแบบโต๊ะงาน 33

4.3 ผลการตั้งเป้าหมายและแผนการดำเนินการทดลอง 34

4.4 การจัดหาวัสดุและอุปกรณ์ในการทำโต๊ะงานสำหรับติดตั้งเครื่องเจาะ 35

4.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง 36

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 42

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน 42

5.2 ข้อเสนอแนะ 42

เอกสารอ้างอิง 45

ภาคผนวก ก Design and Drawing 46

ภาคผนวก ข การคำนวณที่เกี่ยวข้อง 60

ภาคผนวก ค ตารางมาตรฐานต่างๆ 77

ภาคผนวก ง การสร้าง และทดลองโต๊ะงานสำหรับติดตั้งเครื่องเจาะ 80

ภาคผนวก จ ภาพผลการทดสอบค่าความหยาบละเอียดของผิวงาน 85

ภาคผนวก ฉ ภาพประกอบโครงงาน 91

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 101

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า
1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงการ 3
2.1 ตารางมาตรฐาน DIN/ISO 4288.....24
4.1 ผลการทดลองที่ได้จากการกัดเพลาทองเหลืองสี่เหลี่ยมด้วยโต๊ะงานสำหรับติดตั้งเครื่องเจาะ.....37
4.2 ผลการทดลองที่ได้จากการกัดเพลาอลูมิเนียมสี่เหลี่ยมด้วยโต๊ะงานสำหรับติดตั้งเครื่องเจาะ..... 37
4.3 ค่าความหยาบละเอียดของผิวงานที่วัดได้จากชิ้นงานตัวอย่างดังรูปที่ 4.10..... 39
4.4 ค่าความหยาบละเอียดของผิวงานที่วัดได้จากชิ้นงานเพลาทองเหลืองสี่เหลี่ยม 39
4.5 ค่าความหยาบละเอียดของผิวงานที่วัดได้จากชิ้นงานเพลาอลูมิเนียมสี่เหลี่ยม..... 40
4.6 เปรียบเทียบค่ามาตรฐานความหยาบละเอียดของผิวงานของเพลาทองเหลือง
สี่เหลี่ยมที่ได้จากการทดลอง 40
4.7 เปรียบเทียบค่ามาตรฐานความหยาบละเอียดของผิวงานของเพลาอลูมิเนียม
สี่เหลี่ยมที่ได้จากการทดลอง 41

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ หน้า

2.1 เครื่องเจาะตั้งโต๊ะ 7
2.2 เครื่องเจาะตั้งพื้น 7
2.3 เครื่องเจาะรัศมี 8
2.4 เครื่องเจาะหลายหัว 8
2.5 เครื่องเจาะแนวนอน 9
2.6 ส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องเจาะตั้งโต๊ะ 10
2.7 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องเจาะตั้งพื้น 10
2.8 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องเจาะแบบรัศมี 11
2.9 เครื่องกัดตั้ง 12
2.10 เครื่องกัดแนวนอน 13
2.11 เครื่องกัดแพลนเนอร์ 13
2.12 ส่วนหัวเครื่อง 14
2.13 ส่วนแท่นโต๊ะจัดงาน 14
2.14 ส่วนโครงเครื่อง 15
2.15 ดอกกัดงาน 15
2.16 ดอกกัดหน้าเรียบ 16
2.17 ดอกกัดข้างเรียบ 16
2.18 ลักษณะดอกกัดที่เป็นชิ้นเดียว 17
2.19 ลักษณะเปนมีดเล็บติดเขากับดามดอกกัด 17
2.20 แสดงตารางความเร็วรอบ 18
2.21 ตารางแสดงค่าอัตราป้อน 19
2.22 ปากกาจับชิ้นงาน 20
2.23 โต๊ะหมุน 20
2.24 หัวแบ่ง 21
2.25 ดอกกัดและหัวกัด 21
2.26 ส่วนประกอบของดอกเอ็นมิลล์ 22
2.27 ตารางค่าพิกัดความเผื่อทั่วไปสำหรับการวัดเชิงเส้นมาตรฐาน DIN/ISO 2768 23

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.28 ภาพขยายของผิวชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูป 24

2.29 การวัดค่าความหยาบ Rt 25

2.30 การวัดค่าความหยาบ Ra 25

2.31 การวัดค่าความหยาบ Rz 26

2.32 ลักษณะคุณภาพของผิวงาน 27

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน 28

4.1 ปากกาจับยึดชิ้นงาน 32

4.2 การออกแบบระบบการเลื่อนแนวแกน x 32

4.3 การออกแบบระบบการเลื่อนแนวแกน y 33

4.4 ออกแบบชุดติดตั้งโต๊ะงานสำหรับเครื่องเจาะ 33

4.5 การออกแบบกล่องควบคุมมอเตอร์ 34

4.6 กล่องควบคุมมอเตอร์ 34

4.7 ระยะที่ทำการวัดชิ้นงาน 36

4.8 ชิ้นงานที่ทำการทดสอบค่าความหยาบละเอียดของผิวงาน 38

4.9 เครื่อง Surface Measuring Instrument Surftest - 400 ยี่ห้อ MITUTOYO 38

4.10 ค่าตัวอย่างในการวัดความหยาบละเอียดของผิวงาน 39

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ปัจจุบันมีเครื่องเจาะออกมาจำหน่ายหลายรุ่น หลายขนาด ผู้ดำเนินโครงงานได้ทำการสำรวจพบว่า แท่นรองรับชิ้นงานของเครื่องเจาะไม่สามารถปรับเลื่อนในแนวแกน x และ y จึงเห็นว่าหัวจับดอกสว่านของเครื่องเจาะนั้นสามารถจับดอกกัดได้ และโต๊ะงานของเครื่องกัดนั้นสามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งแกน x, y และ z จึงมีความประสงค์ที่จะเพิ่มความสามารถของแท่นรองรับชิ้นงานของเครื่องเจาะให้สามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งแกน x และ y โดยนำแบบของโต๊ะงานของเครื่องกัดมาประยุกต์ใช้

ผู้ดำเนินโครงงานจึงได้ทำการสร้างโต๊ะงานให้สามารถติดตั้งและใช้งานได้สะดวก มีระยะการเคลื่อนของตำแหน่งแสดงเป็นตัวเลขดิจิตอล โดยได้ศึกษาการออกแบบโต๊ะงานให้มีความกะทัดรัด และมีน้ำหนักเบา สะดวกต่อการติดตั้งและการเคลื่อนย้ายและ เป็นการลดต้นทุนในด้านเครื่องจักร เพราะราคาของเครื่องกัดนั้นมีราคาแพงกว่าเครื่องเจาะมากและเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของโต๊ะงานและเครื่องเจาะ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อเพิ่มความสามารถในการเคลื่อนที่ในแนวแกน x และ y ให้กับโต๊ะงาน

1.2.2 เพื่อเพิ่มความสามารถเครื่องเจาะให้สามารถกัดชิ้นงานได้

1.2.3 เพื่อให้โต๊ะงานสามารถติดตั้ง และใช้งานกับเครื่องเจาะ ยี่ห้อ Strong รุ่น SC–15

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

โต๊ะงานสามารถเคลื่อนที่ในแนวแกน x เป็นระยะ 200 มิลลิเมตร และแนวแกน y เป็นระยะ 50 มิลลิเมตร

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcomes)

1.4.1 โต๊ะงานสามารถเคลื่อนที่ได้ในแนวแกน x เป็นระยะ 200 มิลลิเมตร และแนวแกน y เป็นระยะ 50 มิลลิเมตร

1.4.2 โต๊ะงานสามารถนำไปติดตั้งกับเครื่องเจาะยี่ห้อ Strong รุ่น SC–15 ได้

1.4.3 โต๊ะงานสามารถนำพาชิ้นงานให้กัดบนเครื่องเจาะในแนวแกน x ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงมาตรฐานค่าพิกัดความเผื่อ DIN/ISO 2768

1.4.4 โต๊ะงานสามารถนำพาชิ้นงานให้กัดบนเครื่องเจาะได้ โดยชิ้นงานมีความหยาบละเอียดผิวอยู่ในช่วงมาตรฐาน DIN/ISO 4288

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

1.5.1 โต๊ะงานใช้สำหรับติดตั้งบนเครื่องเจาะยี่ห้อ Strong รุ่น SC–15

1.5.2 ระยะการเคลื่อนที่ในแนวแกน x เท่ากับ 200 มิลลิเมตร และ y เท่ากับ 50 มิลลิเมตร

1.5.3 โต๊ะงานมีความกว้าง 90 มิลลิเมตร ยาว 310 มิลลิเมตร และสูง 80 มิลลิเมตร

1.5.4 โต๊ะงานมีน้ำหนักไม่เกิน 5 กิโลกรัม

1.5.5 ชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ เพลาทองเหลืองสี่เหลี่ยม และเพลาอลูมิเนียมสี่เหลี่ยม

1.5.6 ใช้ดอกกัดประเภท High Speed End Mill 4 ฟัน ขนาด 6, 8, 10 และ 12 มิลลิเมตร ในการทดสอบการกัดชิ้นงาน

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

ตั้งแต่เดือน เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2561

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ลำดับ	การดำเนินโครงงาน	ช่วงเวลาการดำเนินโครงงาน																	
		ส.ค.		ก.ย.		ต.ค.		พ.ย.		ธ.ค.		ม.ค.		ก.พ.		มี.ค.		เม.ย.	
1.8.1	ศึกษาและทำความเข้าใจรายละเอียดต่างๆ ในการทำโต๊ะงาน																		
1.8.2	วิเคราะห์โต๊ะงาน																		
1.8.3	การสร้างโต๊ะงาน																		
1.8.4	จัดหาวัสดุอุปกรณ์ในการทำโต๊ะงาน																		
1.8.5	ลงมือทำโต๊ะงาน																		
1.8.6	ทดสอบและแก้ไขโต๊ะงาน																		
1.8.7	สรุปผลดำเนินโครงงาน																		
1.8.8	จัดทำรูปเล่มฉบับสมบูรณ์																		

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 การออกแบบเครื่องมือ

การออกแบบเครื่องมือ วชิระ มีทอง (2553) ได้กล่าวว่า การออกแบบเครื่องมือเป็นกระบวนการของการออกแบบปรับปรุงเครื่องมือวิธีการ และเทคนิคที่จำเป็นหลายอย่าง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในโรงงานอุตสาหกรรม รวมถึงการเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้นด้วย การออกแบบเครื่องมือที่เกี่ยวกับเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม และเครื่องมือพิเศษอื่นๆ ทำให้ทุกวันนี้มีการผลิตงานได้อย่างรวดเร็ว มีปริมาณสูง สินค้ามีคุณภาพ และประหยัดขึ้น

จุดประสงค์ของการออกแบบเครื่องมือ คือ การลดค่าใช้จ่ายในการผลิต และยังคงคุณภาพไม่ต่ำลง นักออกแบบเครื่องมือจึงต้องปฏิบัติตามสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1.1 หาวิธีการทำงานกับเครื่องมือให้เป็นแบบธรรมดาและง่าย โดยมีประสิทธิภาพสูงสุด

2.1.2 ลดค่าใช้จ่ายในการผลิตโดยผลิตชิ้นงานที่ราคาต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้

2.1.3 ออกแบบเครื่องมือให้มีคุณภาพสูง เมื่อถูกนำไปใช้ผลิตงาน

2.1.4 เพิ่มอัตราการผลิตด้วยเครื่องจักรที่มีอยู่แล้ว

2.1.5 เลือกวัสดุที่ใช้ทำเครื่องมือซึ่งมีอายุการใช้งานอย่างพอเหมาะกับการผลิต

2.1.6 หาวิธีป้องกันสำหรับการออกแบบเครื่องมือ เพื่อให้การใช้เครื่องมือนั้น มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้มากที่สุด

2.2 การวางแผนสำหรับการออกแบบอุปกรณ์โต๊ะงาน

การวางแผนงานเกี่ยวกับการออกแบบโต๊ะงาน จะมีผลอย่างมากต่อผลสำเร็จ หรือความล้มเหลวในการผลิต คือ วิธีการปฏิบัติจะต้องเป็นไปตามระเบียบแบบแผน สำหรับเรื่องทั้งหมดที่เกี่ยวกับรายละเอียดของผลิตภัณฑ์จะต้องถูกเสนอ และตีราคา เพื่อที่จะให้ได้การผลิตที่มีประสิทธิภาพสูงสุด จะต้องพิจารณาส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.2.1 แบบชิ้นงาน

แบบชิ้นงาน นักออกแบบเครื่องมือจะได้รับแบบของชิ้นส่วนซึ่งจะต้องใช้ในการผลิตชิ้นส่วนของชิ้นงาน และเมื่อทำการวิเคราะห์แบบงานเสร็จแล้ว นักออกแบบเครื่องมือจะต้องพิจารณาข้อเท็จจริงที่มีผลกระทบโดยตรงต่อการที่ต้องพิจารณา ดังต่อไปนี้

2.2.1.1 รูปร่างและขนาดทั้งหมดของชิ้นส่วน

2.2.2.2 ชนิดและเงื่อนไขของวัสดุที่จะนำมาใช้ทำชิ้นงาน

2.2.2.3 วิธีการทำงานและชนิดของเครื่องจักร

2.2.2.4 ความต้องการในความละเอียดถูกต้องมากน้อย

2.2.2.5 ปริมาณของงานที่ต้องทำการผลิต

2.2.2.6 ผิวหน้าของส่วนที่จะเป็นที่กำหนด

2.2.2 การเลือกวิธี

การเลือกวิธี คือ การตกลงการเลือกใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งเป็นหัวข้อหนึ่งของขั้นแรกในการแก้ปัญหา ซึ่งวิธีการเดียวกันนี้ก็ถูกนำมาใช้ในการออกแบบเครื่องมือเพื่อจะให้เข้าใจว่าได้เลือกวิธีการที่ดีที่สุด ในระหว่างขั้นตอนการเลือกของการออกแบบนี้ นักออกแบบเครื่องมือจะต้องคำนึงถึงการวิเคราะห์ข้อมูลที่สำคัญทั้งหมด เพื่อที่จะตอบปัญหาที่จะเกิดขึ้นได้ดังต่อไปนี้

2.2.2.1 จะต้องใช้เครื่องมือพิเศษ

2.2.2.2 จะใช้เครื่องจักรแบบหมุนหลายแกนหรือแกนเดียว

2.2.2.3 เครื่องมือที่ใช้มีจุดประสงค์อย่างเดียว

2.2.2.4 ค่าใช้จ่ายของเครื่องมือจะประหยัดหรือไม่

2.2.2.5 ชนิดของเครื่องมือวัดตรวจสอบเป็นอย่างไร

2.2.3 ขอบเขตการออกแบบเครื่องมือ

ขอบเขตการออกแบบเครื่องมือ ในงานอุตสาหกรรมมีงานต้องรับผิดชอบมากมาย ได้แก่ เทคนิคในการออกแบบ หรืออาจจะรวมถึงการกำหนดวัสดุ การอำนวยการดูแลห้องเครื่องมือ และการตรวจสอบเครื่องมือ ซึ่งนักออกแบบเครื่องมือจะต้องมีความเข้าใจขอบเขตหน้าที่ของส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.2.3.1 การออกแบบ

การออกแบบ ในขั้นตอนนี้ นักออกแบบเครื่องมือมีหน้าที่ในการรับผิดชอบที่จะต้องปรับปรุงการเขียนแบบ และภาพสเก็ตความคิดของการออกแบบเครื่องมือ

2.2.3.2 การตรวจสอบ

การตรวจสอบ คือ นักออกแบบเครื่องมือจะต้องมีความจำเป็นที่จะต้องมีการตรวจสอบชิ้นงาน เพื่อเป็นการแน่ใจว่าเครื่องมือมีความถูกต้องตามรายละเอียดการตรวจสอบนี้โดยทั่วไปจะมี 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก คือ เครื่องมือจะถูกตรวจสอบว่าถูกต้องตามแบบดรออิ้งหรือไม่ และขั้นตอนที่สอง คือ ชิ้นส่วนที่ถูกทำมาแล้วจะถูกต้องตามรายละเอียดที่กำหนดหรือไม่ และหลังจากเครื่องมือนั้นถูกส่งไปยังแผนกการผลิต นักออกแบบจะต้องมีการตรวจสอบเครื่องมือในระหว่างการผลิตด้วย

2.3 เครื่องเจาะ

เครื่องเจาะ งานเจาะจัดเป็นกระบวนการผลิตขั้นพื้นฐาน ที่มีลักษณะการทำงานแบบง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อนแต่มีความสำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานโลหะ การเจาะเป็นกระบวนการตัดเฉือนวัสดุงานออกโดยใช้ดอกสว่าน รูที่ได้จากการเจาะด้วยดอกสว่านจะมีลักษณะเป็นรูกลม เช่น รูยึดเหล็กดัดประตูหน้าต่างบานพับ กลอนประตูบ้าน ตลอดจนชิ้นส่วนรถจักรยาน รถยนต์ต่างๆ มีรูสำหรับการจับยึดมากมาย

ในการเจาะรูบนชิ้นงานสามารถทำได้ด้วยเครื่องจักรกลหลายชนิด เช่น การเจาะรูบนเครื่องกลึง เครื่องกัด เป็นต้น แต่ในการเจาะรูที่ประหยัด รวดเร็ว และนิยมใช้กันมากที่สุด คือ การเจาะรูด้วยเครื่องเจาะ ดังนั้น เครื่องจักรกลพื้นฐานที่จะกล่าวในบทนี้ คือ เครื่องเจาะ

เครื่องเจาะมี 2 แบบ คือ แบบตั้งโต๊ะ และแบบตั้งพื้น การจับยึดดอกสว่านนอกจากจะใช้หัวจับแล้วยังใช้พวกปลอกเรียว (Taper Sleeve) มีขั้นตอนในการทำงานได้กว้างขึ้น ความเร็วรอบเปลี่ยนได้หลายขั้นและสามารถจับงานขนาดใหญ่ได้ น้ำหนักเครื่องเจาะแบบตั้งพื้นจะมากกว่าแบบตั้งโต๊ะ ระบบการส่งกำลังขับมีทั้งแบบตรงต่อจากมอเตอร์ผ่านสายพาน (Pulley) เข้าเพลาเจาะ หรือใช้ระบบเฟืองขับต่อจากมอเตอร์เลยก็ได้

เครื่องเจาะแบบตั้งโต๊ะเหมาะกับงานเจาะเบาๆ หรืองานที่ต้องการความเร็วรอบสูง โดยทั่วไปใช้กับดอกสว่านขนาดความโตไม่เกิน 38 มิลลิเมตร ส่วนประกอบของเครื่องเจาะประกอบด้วย มือหมุนเจาะชิ้นงาน ชุดสายพานส่งกำลัง มอเตอร์ส่งกำลัง เพลาจับสว่าน เสา แท่นรองรับชิ้นงาน เฟืองสะพาน หมุนปรับแท่นรองรับงานให้ขึ้นลงตามเสา และล็อคแท่นรองรับงานให้อยู่กับที่

การคว้านเรียบโดยใช้รีมเมอร์นั้น เป็นการขยายปากรูเจาะที่ผ่านการเจาะด้วยดอกสว่านเพื่อให้ผิวรูเรียบ ซึ่งลักษณะการจับยึดก็เหมือนกับดอกสว่าน ซึ่งมีขนาดแตกต่างกันไปตามขนาดของรูเจาะ

2.3.1 ชนิดของเครื่องเจาะ

ชนิดของเครื่องเจาะ เครื่องเจาะมีหลายชนิดแต่สามารถแบ่งออกได้ดังนี้ คือ เครื่องเจาะตั้งพื้น เครื่องเจาะแบบรัศมี และเครื่องเจาะในงานอุตสาหกรรม

2.3.1.1 เครื่องเจาะตั้งโต๊ะ

เครื่องเจาะตั้งโต๊ะ (Bench–model Sensitive Drilling Machine) เป็นเครื่องเจาะขนาดเล็กเจาะรูขนาดไม่เกิน 13 มิลลิเมตร จะมีความเร็วรอบสูงใช้เจาะงานที่มีขนาดรูเล็ก การส่งกำลังโดยทั่วไปจะใช้สายพาน และปรับความเร็วรอบด้วยล้อสายพาน 2-3 ขั้น ดังรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 เครื่องเจาะตั้งโต๊ะ

ที่มา : https://sites.google.com/site/prakasittid3qqq/si-xen-si/kheruxng-ceaa

2.3.1.2 เครื่องเจาะตั้งพื้น

เครื่องเจาะตั้งพื้น (Plan Vertical Spindle Drilling Machine) เป็นเครื่องเจาะขนาดใหญ่ และเจาะรูบนชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่ เจาะรูได้ตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่สุดเท่าที่ดอกสว่านมี และใช้งานอื่นๆ ได้อย่างกว้างขวางการส่งกำลังปกติจะใช้ชุดเฟืองทด จึงสามารถปรับความเร็วรอบได้หลายระดับ และรับแรงบิดได้สูง ดังรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 เครื่องเจาะตั้งพื้น

ที่มา : https://sites.google.com/site/prakasittid3qqq/si-xen-si/kheruxng-ceaa

2.3.1.3 เครื่องเจาะรัศมี

เครื่องเจาะรัศมี (Radial Drilling Machine) เป็นเครื่องเจาะขนาดใหญ่และเจาะรูบนชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่กว่าเครื่องเจาะตั้งพื้น โดยที่หัวจับดอกสว่านจะเลื่อนไปมาบนแขนเจาะ (Arm) จึงสามารถเจาะงานได้ทุกตำแหน่ง โดยติดตั้งงานอยู่กับที่การส่งกำลังปกติจะใช้ชุดเฟืองทด ดังรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 เครื่องเจาะรัศมี

ที่มา : https://sites.google.com/site/prakasittid3qqq/si-xen-si/kheruxng-ceaa

2.3.1.4 เครื่องเจาะหลายหัว

เครื่องเจาะหลายหัว (Gang-type Drilling Machine) เป็นเครื่องเจาะที่ออกแบบสำหรับการทำงานอุตสาหกรรมโดยเฉพาะ เครื่องเจาะจะมีหลายหัวจับ ดังนั้นจึงสามารถจับดอกสว่านได้หลายขนาด หรือจับเครื่องมือตัดอื่นๆ เช่น รีมเมอร์ หรือหัวจับทำเกลียวใน จึงทำงานได้อย่างรวดเร็ว ดังรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 เครื่องเจาะหลายหัว

ที่มา : https://sites.google.com/site/prakasittid3qqq/si-xen-si/kheruxng-ceaa

2.3.1.5 เครื่องเจาะแนวนอน

เครื่องเจาะแนวนอน (Horizontal Drilling Machine) เป็นเครื่องเจาะที่ออกแบบมา เพื่อให้สามารถทำงานได้หลายลักษณะ ทั้งการเจาะรู การคว้านรู การกัด และการกลึง มักจะพบในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ดังรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 เครื่องเจาะแนวนอน

ที่มา : https://sites.google.com/site/prakasittid3qqq/si-xen-si/kheruxng-ceaa

2.3.2 ส่วนประกอบที่สำคัญและหน้าที่การใช้งานของเครื่องเจาะ

2.3.2.1 ส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องเจาะตั้งโต๊ะ

ก. ฐานเครื่อง (Base) ทำด้วยเหล็กหล่อ เป็นส่วนที่รองรับน้ำหนักทั้งหมดของเครื่องจะยึดติดแน่นบนโต๊ะป้องกันการสั่นสะเทือนในขณะปฏิบัติงาน

ข. เสาเครื่องเจาะ (Column) จะเป็นเหล็กรูปทรงกระบอกกลวง เป็นส่วนที่ยึดติดกับฐานเครื่อง เพื่อรองรับชุดหัวเครื่อง และรองรับโต๊ะงาน

ค. โต๊ะงาน (Table) ส่วนใหญ่ทำด้วยเหล็กท่อ เป็นส่วนที่รองรับชิ้นงานที่จะนำมาเจาะหรืออาจรองรับอุปกรณ์จับยึดสำหรับจับยึดชิ้นงาน เช่น ปากกาจับงาน เป็นต้น สามารถเลื่อนขึ้นลงได้บนเสาเครื่องด้วยการหมุนแขนส่งกำลังด้วยชุดเฟืองสะพาน

ง. หัวเครื่อง (Drilling Head) จะอยู่บนสุดของเครื่องเจาะ ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่สำคัญดังนี้ ดังรูปที่ 2.6

ง.1 มอเตอร์ส่งกำลัง (Motor)

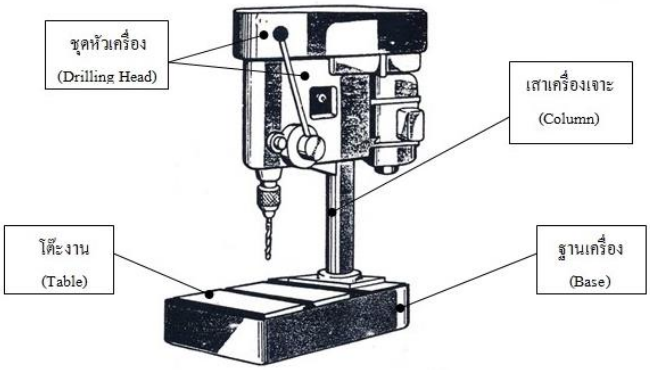
ง.2 สายพานและล้อสายพานส่งกำลัง (Belt & Pulley)

ง.3 ฝาครอบ (Pulley Guard) มีไว้ครอบสายพานเพื่อป้องกันอันตราย

ง.4 หัวจับดอกสว่าน (Drill Chuck) ใช้จับดอกสว่านก้านตรง ส่วนใหญ่มีขนาดไม่เกิน 1.5 นิ้ว หรือประมาณ 12.7 มิลลิเมตร

ง.5 แขนหมุนป้อนเจาะ (Hand Feed Level)

ง.6 สวิตซ์ปิดเปิด (Switch)



รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องเจาะตั้งโต๊ะ

ที่มา : https://sites.google.com/site/prakasittid3qqq/si-xen-si/kheruxng-ceaa

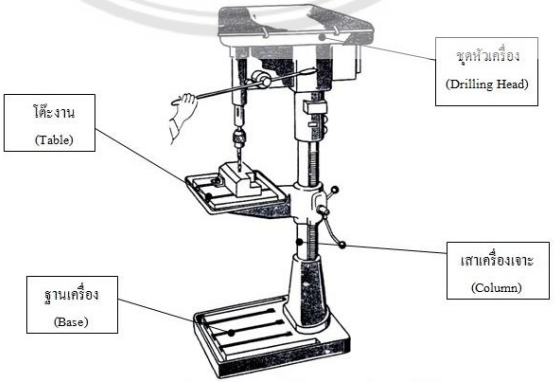
2.3.2.2 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องเจาะตั้งพื้น

ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องเจาะตั้งพื้น สว่านตั้งพื้นจะมีส่วนประกอบที่สำคัญเหมือนเครื่องเจาะแบบตั้งโต๊ะ จะต่างกันตรงขนาด และความสามารถในการเจาะรู และระบบส่งกำลัง ซึ่งมีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้ ดังรูปที่ 2.7

ก. ฐานเครื่อง (Base) ทำด้วยเหล็กหล่อ เป็นส่วนที่รองรับน้ำหนักทั้งหมดของเครื่องจะวางอยู่บนพื้นโรงงาน

ข. เสาเครื่องเจาะ (Column) จะเป็นเหล็กรูปทรงกระบอกกลวง เป็นส่วนที่ยึดติดกับฐานเครื่อง เป็นส่วนที่รองรับชุดหัวเครื่องและรองรับโต๊ะงาน

ค. โต๊ะงาน (Table) ส่วนใหญ่ทำด้วยเหล็ก มีทั้งที่เป็นรูปวงกลมหรือเป็นรูปสี่เหลี่ยมเป็นส่วนที่รองรับชิ้นงานที่ต้องการเจาะ หรืออาจจะรองรับอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน เช่น ปากกาจับงาน



รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องเจาะตั้งพื้น

ที่มา : https://sites.google.com/site/prakasittid3qqq/si-xen-si/kheruxng-ceaa

2.3.2.3 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องเจาะแบบรัศมี

ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องเจาะแบบรัศมี ดังรูปที่ 2.8

ก. ฐานเครื่อง (Base) เป็นส่วนที่ติดตั้งอยู่กับพื้นโรงงานทำด้วยเหล็กหล่อ เป็นส่วนที่รองรับน้ำหนักทั้งหมดของเครื่อง

ข. เสาเครื่อง (Columm) มีลักษณะเป็นเสากลมใหญ่กว่าเสาเครื่องเจาะธรรมดา จะยึดติดอยู่กับฐานเครื่องจะเป็นที่เคลื่อนขึ้นลง และจับยึดของแขนรัศมี

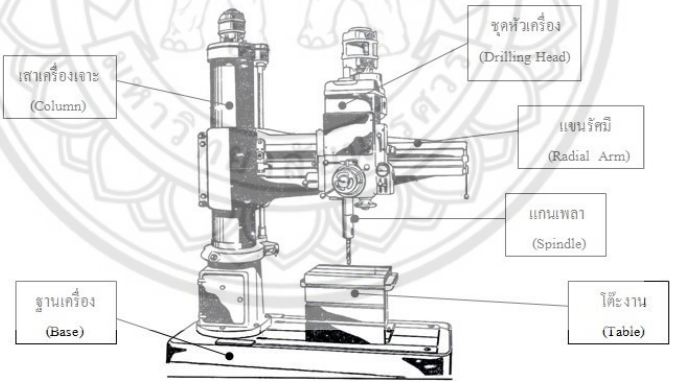
ค. แขนรัศมี (Radial Arm) สามารถเลื่อนขึ้นลงได้บนเสาเครื่อง และสามารถหมุนรอบเสาเครื่องได้ เพื่อหาตำแหน่งเจาะงาน เป็นส่วนที่รองรับชุดหัวเครื่อง

ง. ชุดหัวเครื่อง (Drilling Head) อยู่บนรัศมี สามารถเลื่อนเข้าออกได้ตามความยาวของแขนรัศมี เพื่อหาตำแหน่งเจาะรู

จ. แกนเพลา (Spindle) เป็นรูปทรงกระบอก ภายในเป็นรูเรียวสำหรับจับยึดก้านเรียวของหัวจับดอกสว่าน หรือจับก้านเรียวของดอกสว่านที่มีขนาดใหญ่

ฉ. โต๊ะงาน (Table) เป็นอุปกรณ์ที่ยึดติดอยู่บนฐานเครื่องจะมีร่องตัวที เพื่อใช้จับยึดชิ้นงานโดยตรง หรือใช้สำหรับจับยึดปากกาจับงาน หรืออุปกรณ์อื่นๆ

ช. มอเตอร์ (Motor) เป็นต้นกำลังที่ส่งกำลังไปหมุนแกนเพลา เพื่อหมุนดอกสว่านเจาะงาน เพื่อขับเคลื่อนส่วนต่างๆ อัตโนมัติ เนื่องจากชิ้นส่วนแต่ละส่วนมีขนาดใหญ่



รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องเจาะแบบรัศมี

ที่มา : https://sites.google.com/site/prakasittid3qqq/si-xen-si/kheruxng-ceaa

2.4 เครื่องกัด

เครื่องกัดเป็นเครื่องจักรกลชนิดหนึ่ง มีทั้งเครื่องกัดแกนเพลานอน และเครื่องกัดแกนเพลาตั้ง มีความสามารถในการทำงานกัดลดขนาดผิวงาน กัดร่องหางเหยี่ยว กัดขึ้นรูปแบบต่างๆ และกัดเฟืองชนิดต่างๆ นอกจากนั้นยังสามารถจับยึดหัวจับดอกสว่าน

2.4.1 ชนิดของเครื่องกัด

2.4.1.1 เครื่องกัดแนวตั้ง

เครื่องกัดแนวตั้ง (Vertical milling machine) เป็นเครื่องกัดชนิดแกนมีดกัดอยู่ในแนวตั้งสามารถกัดผิวชิ้นงานได้หลายรูปแบบ รวมทั้งการคว้านรูเจาะรูรีมเมอร์โต๊ะจับงานของเครื่องกัดก็สามารถเลื่อน เข้า-ออก, ซ้าย-ขวา และขึ้น-ลงได้แบบเดียวกับเครื่องกัดราบ ดังรูปที่ 2.9

รูปที่ 2.9 เครื่องกัดตั้ง
ที่มา : ประเวศ (2546)

2.4.1.2 เครื่องกัดแนวนอน

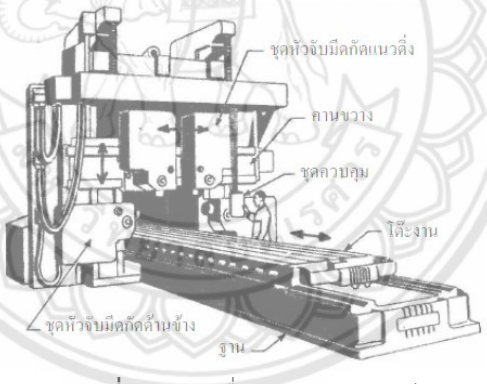
เครื่องกัดแนวนอน (Plain milling machine) เป็นเครื่องกัดที่สามารถทำงานด้วยมือหรือกลไกอัตโนมัติได้ แกนมีดกัดจะวางอยู่ในแนวนอนโต๊ะจับงานของเครื่องกัดสามารถเคลื่อนที่ เข้า-ออก, ซ้าย-ขวา และขึ้น-ลง เครื่องกัดชนิดนี้โต๊ะงานจะปรับมุมไม่ได้ใช้สำหรับกัดงานผิวราบ, กัดงานฉาก, กัดเฟือง และกัดร่องต่างๆ ดังรูปที่ 2.10

รูปที่ 2.10 เครื่องกัดแนวนอน

ที่มา : ประเวศ (2546)

2.4.1.3 เครื่องกัดเพลนเนอร์

เครื่องกัดเพลนเนอร์ (Planer–type milling machine) เป็นเครื่องกัดขนาดใหญ่ โต๊ะจับงานจะเคลื่อนที่ ไป–มา มีดกัดจะอยู่ในแนวนอนจะมีหนึ่งหรือสองหัวกัด และสามารถเลื่อนขึ้น–ลงได้ ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 เครื่องกัดเพลนเนอร์

ที่มา : ประเวศ (2546)

2.4.2 ส่วนประกอบของเครื่องกัด

ส่วนประกอบของเครื่องกัด ประกอบส่วนหลัก 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

2.4.2.1 ส่วนหัวเครื่อง

ส่วนหัวเครื่อง (Spindle head) ดังรูปที่ 2.12

รูปที่ 2.12 ส่วนหัวเครื่อง

ที่มา : ประเวศ (2546)

2.4.2.2 ส่วนแท่นโต๊ะจัดงาน

ส่วนแท่นโต๊ะจัดงาน (Table) เป็นส่วนที่ใช้จับวางงาน เพื่อป้อนงานเคลื่อนที่เข้าหาเครื่องมือตัดสามารถที่ได้สามแนวแกน โดยกำหนดเป็นแกน x และ y เป็นแนวระนาบและแกน z ในทิศทางตั้งฉาก ดังรูปที่ 2.13

รูปที่ 2.13 ส่วนแท่นโต๊ะจัดงาน

ที่มา : ประเวศ (2546)

2.4.2.3 ส่วนโครงเครื่อง

ส่วนโครงเครื่อง (Body) ถูกหล่อขึ้นมาเพื่อทาหน้าที่เป็นฐาน และเป็นส่วนเชื่อมต่อชิ้นส่วนอื่นเข้ากับตัวเครื่อง ดังรูปที่ 2.14

รูปที่ 2.14 ส่วนโครงเครื่อง
ที่มา : ประเวศ (2546)

2.4.3 ประเภทดอกกัด

ประเภทดอกกัดมี 2 ประเภท ดังต่อไปนี้

2.4.3.1 ดอกกัดงาน

ดอกกัดงาน ดังรูปที่ 2.15

รูปที่ 2.15 ดอกกัดงาน
ที่มา : http://webstaff.kmutt.ac.th/~sunthorn.liu/textPRE101,103/11Milling.pdf

2.4.3.2 ดอกกัดหน้าเรียบ

ดอกกัดหน้าเรียบ ดังรูปที่ 2.16

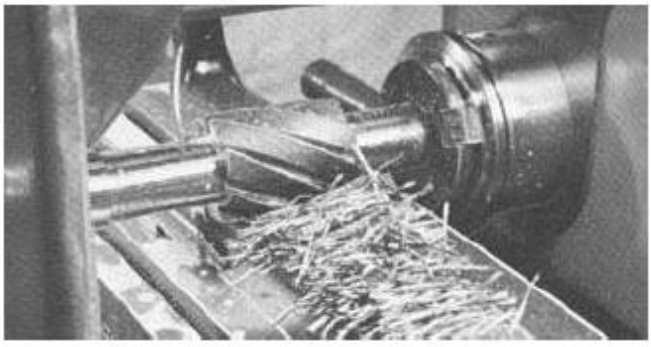
รูปที่ 2.16 ดอกกัดหน้าเรียบ

ที่มา : http://webstaff.kmutt.ac.th/~sunthorn.liu/textPRE101,103/11Milling.pdf

ดอกกัดหน้าเรียบ (Face Milling) ผิวงานกัดจะตั้งฉากกับแกนหมุนดอกกัดชนิดนี้จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกว้างมาก เพื่อทาผิวเรียบให้ได้ระนาบเรียกดอกกัดผิวหน้าราบใช้งานกับเครื่องกัดแนวตั้ง

2.4.3.3 ดอกกัดข้างเรียบ

ดอกกัดข้างเรียบ (Peripheral Milling) ผิวงานกัดจะขนานกับแกนหมุนดอกกัดชนิดนี้จะใช้ผิวรอบวง การกัดงานเรียบใช้งานกับเครื่องกัดแนวนอน และเครื่องกัดแนวตั้งรูปร่างของดอกกัดโดยทั่วไปจะมีลักษณะกลมทรงกระบอก มีตั้งแต่ขนาดวงใหญ่บางเป็นแผ่นจนหนาขึ้นไปและวงเล็กลงเป็นแท่ง ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 ดอกกัดข้างเรียบ

ที่มา : http://webstaff.kmutt.ac.th/~sunthorn.liu/textPRE101,103/11Milling.pdf

2.4.4 ลักษณะดอกกัด

ลักษณะดอกกัด แบ่งได้ 2 ลักษณะ ดังต่อไปนี้

2.4.4.1 ลักษณะดอกกัดที่เป็นชิ้นเดียว

ลักษณะดอกกัดที่เป็นชิ้นเดียว (Single cutter) ถูกทำขึ้นมาจากวัสดุที่เป็น High Speed Steels (HSS) ทำออกมาเป็น ดอกกัดชิ้นเดียวทั้งด้ามจับและคมตัด ดังรูปที่ 2.18

รูปที่ 2.18 ลักษณะดอกกัดที่เป็นชิ้นเดียว

ที่มา : http://webstaff.kmutt.ac.th/~sunthorn.liu/textPRE101,103/11Milling.pdf

2.4.4.2 ลักษณะเป็นมีดเล็บติดเขากับด้ามดอกกัด

ลักษณะเป็นมีดเล็บติดเข้ากับด้ามดอกกัด (Inserted tooth cutter) คมตัดทำเป็นเม็ด หรือเป็นแท่งจากวัสดุ Cementedcarbides ซึ่งมีความแข็งมากแต่เปราะ นำมาติดเข้ากับด้ามดอกกัด เมื่อสึกแล้วสามารถถอดเปลี่ยนได้ ดังรูปที่ 2.19

รูปที่ 2.19 ลักษณะเป็นมีดเล็บติดเข้ากับด้ามดอกกัด

ที่มา : http://webstaff.kmutt.ac.th/~sunthorn.liu/textPRE101,103/11Milling.pdf

2.4.5 ความเร็วตัด (Cutting speed)

ความเร็วตัด (Cutting speed) ในงานกัดเป็นระยะทางของฟันตัดเคลื่อนที่ไปในหนึ่งนาที (ในแนวเส้นรอบวงของดอกกัด) ดังสมการที่ 2.1 มีหน่วยเป็น เมตรต่อนาที ซึ่งขึ้นอยู่กับการตั้งความเร็วรอบของดอกกัด (รอบต่อนาที) โดยค่าความเร็วรอบแสดง ดังรูปที่ 2.20

$$N = \frac{1000V}{\pi D} \qquad (2.1)$$

เมื่อ N = ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)

V = ความเร็วตัด (เมตรต่อนาที)

D = เส้นผ่าศูนย์กลางดอกกัด (มิลลิเมตร)

HIGH SPEED STEEL END MILLS — DEPTH OF CUT EQUAL TO CUTTER DIAMETER
WIDTH OF CUT EQUAL TO HALF CUTTER DIAMETER

CUTTER DIAMETER		ALUMINIUM BRASS		STEEL 40 T.S.I./ 600 N/mm²		CAST IRON BRONZE		STEEL 60 TS.I./ 900 N/mm²		STEEL 80 T.S.I./ 1250 N/mm²		TITANIUM 90 T.S.I./ 1400 N/mm²	
ins	mm	Speed R.P.M.	Feed I.P.M.	Speed R.P.M.	Feed I.P.M.	Speed R.P.M.	Feed I.P.M.	Speed R.P.M.	Feed I.P.M.	Speed R.P.M.	Feed I.P.M.	Speed RP.M.	Feed I.P.M.
1/8	3	6000	2.75	3000	1.375	1900	0.875	2500	1.0	1200	0.437	900	0.375
5/32	4	5000	3.125	2500	1.5	1500	1.0	2000	1.250	1000	0.5	750	0.437
3/16	5	4000	3.625	2000	1.812	1300	1.25	1600	1.5	800	0.625	600	0.5
1/4	6	3000	5.5	1500	2.75	950	1.75	1200	1.875	600	0.875	450	0.687
5/16	8	2450	7.5	1200	3.812	750	2.25	950	2.25	475	1.0	360	0.812
3/8	10	2000	8.5	1000	4.5	625	2.5	800	2.5	400	1.187	300	0.937
1/2	12	1500	10.0	750	5.0	475	3.312	600	3.75	300	1.5	230	1.0
5/8	16	1200	10.0	600	5.0	375	3.312	480	4.0	240	1.625	180	1.125
3/4	20	1000	9.0	500	4.5	300	3.0	400	4.0	200	1.625	150	1.125
1	25	750	9.0	375	4.25	250	2.875	300	3.75	150	1.5	115	1.0
1 ¼	32	625	7.5	300	3.75	200	2.5	240	3.0	120	1.25	90	0.937
1 ½	38	500	6.25	250	3.25	160	2.0	200	2.437	100	1.0	75	0.75
1 ¾	44	425	6.0	220	3.0	140	1.75	175	2.25	85	0.812	65	0.625
2	50	375	5.75	200	2.875	125	1.5	150	2.0	75	0.625	60	0.5

รูปที่ 2.20 แสดงตารางความเร็วรอบ

ที่มา : https://sites.google.com/site/krrmwithikarphlitt/

2.4.6 อัตราการป้อนตัด

อัตราการป้อนตัด (Feed) เป็นระยะการเคลื่อนที่งานเข้าหาดอกกัด เมื่อดอกกัดหมุนไปในหนึ่งรอบต่อหนึ่งฟันกัด มีหน่วยเป็น มิลลิเมตรต่อฟัน ดังรูปที่ 2.21

จากรูปที่ 2.20 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดอกกัด 8 มิลลิเมตร มีอัตราป้อนเท่ากับ 19.05 มิลลิเมตรต่อนาที

จากรูปที่ 2.20 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดอกกัด 10 มิลลิเมตร มีอัตราป้อนเท่ากับ 21.59 มิลลิเมตรต่อนาที

อัตราป้อน (Feed)ที่แนะนำ (มม./ฟัน) สำหรับดอก High speed

ชนิดดอกกัด Cutter	วัสดุงาน				
	Aluminum	Brass	Cast ion	Free cutting steel	Alloy steel
ดอกเอนมิล End mill	0.229 0.559	0.178 0.381	0.102 0.229	0.127 0.254	0.076 0.178
ดอกกัดหน้าราบ Face mill	0.406 1.02	0.305 0.762	0.178 0.457	0.203 0.508	0.127 0.305
ดอกกัดราบข้าง Shell end mill	0.305 0.762	0.254 0.559	0.127 0.330	0.178 0.381	0.102 0.229
Slab mill ดอกกัดพื้นฐาน	0.203 0.432	0.152 0.305	0.076 0.178	0.102 0.203	0.025 0.102
ดอกกัดข้าง Side cutter	0.254 0.508	0.203 0.406	0.102 0.254	0.127 0.279	0.076 0.178
ดอกตัด Saw	0.152 0.254	0.120 0.178	0.025 0.076	0.076 0.127	0.025 0.076
ดอกรูปแบบ Form Cutter	0.152 0.254	0.127 0.229	0.120 0.178	0.120 0.152	0.076 0.127

รูปที่ 2.21 ตารางแสดงค่าอัตราป้อน

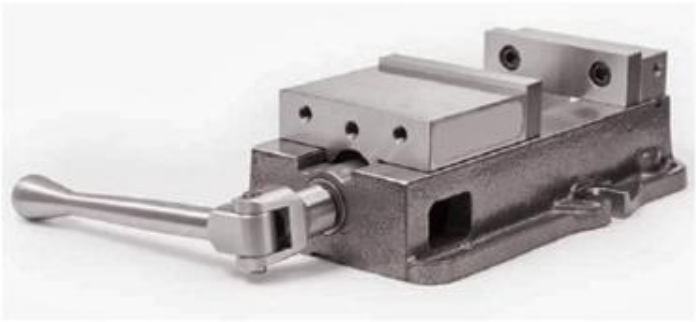
ที่มา : https://sites.google.com/site/krrmwithikarphlitt/

2.4.7 เครื่องมือจับงาน

เครื่องมือจับงาน (Work holding attachment) ใช้สำหรับยึดจับงานให้อยู่บนโต๊ะแท่นเครื่อง มีตั้งแต่ชนิดจับงานอย่างง่ายไปจนถึงการเคลื่อนหมุนงานกัดรูปทรงซับซ้อน เครื่องมือจับชิ้นงานมีมากมายหลายชนิด แบ่งตามลักษณะงานที่ทาการขึ้นรูป เช่น งานกัดผิวเรียบทั่วไปมักใช้ปากกาจับงานยึดติดกับแท่นเลื่อน หรืองานกัดเฟืองต้องใช้หัวแบ่งองศาเท่านั้น เพราะการเลือกใช้เครื่องจับงานเป็นส่วนสำคัญอย่างมากในการขึ้นรูปชิ้นงาน

2.4.7.1 ปากกาจับงาน

ปากกาจับงาน (Vises) เป็นเครื่องมือจับงานทั่วไปยึดติดบนโต๊ะแท่นเครื่อง (Table) ด้วยสลักร้อยเข้ากับรูสลักของโต๊ะแท่นเครื่อง มีอยู่ด้วยกันหลายชนิด เช่น ชนิดตายตัว (Flanged vise) ปากกาชนิดจับงานตายตัวไม่สามารถหมุนหรือเอียงชิ้นงานได้ ดังรูปที่ 2.22

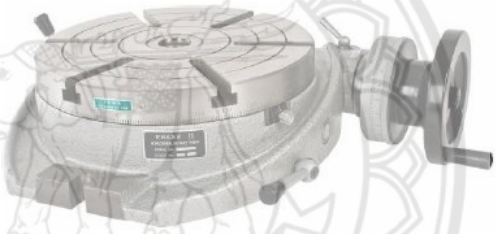


รูปที่ 2.22 ปากกาจับชิ้นงาน

ที่มา : https://sites.google.com/site/krrmwithikarphlitt/

2.4.7.2 โต๊ะหมุน

โต๊ะหมุน (Rotary table) ใช้กับงานลักษณะกลม หรืองานที่กัดเป็นแนวขององศาต่อกัน เช่น ร่องที่ทำมุมกัน จับงานให้หมุนในแนวตั้ง ดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 โต๊ะหมุน

ที่มา : https://sites.google.com/site/krrmwithikarphlitt/

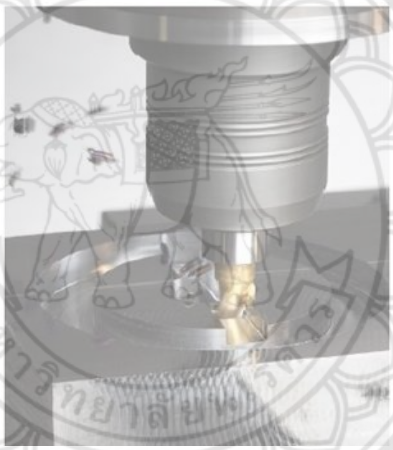
2.4.7.3 หัวแบ่ง

หัวแบ่ง (Index table) ใช้จับงานให้สามารถหมุนในแนวนอน เพื่อกัดงานในลักษณะแนวองศา โดยมีจานดัชนี (Index plate) สำหรับช่วยหมุนหาอัตราส่วนของรอบวงและยันศูนย์ สำหรับช่วยจับงานยาวเป็นส่วนประกอบ เช่นช่วยจับงานในการกัดเฟือง ดังรูปที่ 2.24

รูปที่ 2.24 หัวแบ่ง

ที่มา : https://sites.google.com/site/krrmwithikarphlitt/

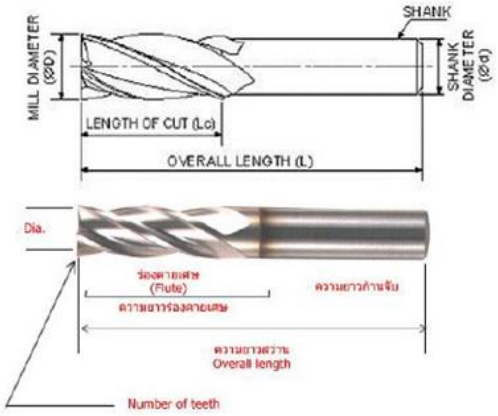
2.4.8 ดอกกัดและหัวกัด ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 ดอกกัดและหัวกัด

ที่มา : https://sites.google.com/site/krrmwithikarphlitt/

ดอกเอ็นมิลล์ (End Mill) หรือดอกกัด เป็นดอกที่ใช้สาหรับงานกัด งานกลึง หรือใช้ตัดวัสดุต่างๆ ให้เป็นรูปแบบชิ้นงานที่ต้องการ วัสดุที่นำมาใช้ผลิตดอกเอ็นมิลล์ทำมาจากเหล็กคุณภาพสูง เช่น ทังสเตนคาร์ไบต์ ไฮสปีดโคบอลล์ ทนต่อการสึกหรอ ส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตเพราะต้องการชิ้นงานที่มีคุณภาพ เที่ยงตรง การแบ่งประเภทของดอกสว่าน มีมากกว่า 100 แบบโดยที่ประเภทของดอกเอ็นมิลล์ (End Mill) สามารถแบ่งได้ตามเกรดของวัสดุในการเคลือบผิว (Coating) ลงไปในวัสดุ เพื่อเพิ่มความทนทานหรือแม้กระทั่งการปรับเปลี่ยนการออกแบบ (Geometry Design) ให้มีความเหมาะสมกับวัสดุประเภทต่างๆ และมีส่วนประกอบของดอกเอ็นมิลล์ ดังรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 ส่วนประกอบของดอกเอ็นมิลล์

ที่มา : https://sites.google.com/site/krrmwithikarphlitt/

End Mill ส่วนใหญ่จะเป็นรูปทรงกระบอกตรง การเลือก End mill ให้เหมาะสมกับการใช้งานควรพิจารณาจากจานวนฟัน

2.4.8.1 แบบ 1 ฟัน ถูกออกแบบมา เพื่อใช้สำหรับเจาะเนื้อวัสดุที่นิ่ง และต้องใช้รอบสูงในการเจาะ เพื่อให้เศษหลุดออกมาได้ง่าย เช่น อลูมิเนียม

2.4.8.2 แบบ 2 ฟัน จะมีร่องคายเศษที่กว้างกว่าเหมาะสำหรับวัสดุที่นิ่มใช้ในกรณีกัดร่องลึก เพราะคายเศษได้ดี แต่แข็งแรงน้อยกว่าแบบหลายฟัน

2.4.8.3 แบบ 4, 5, 6 และ 8 ฟัน สามารถเก็บรายละเอียดผิวได้สวยกว่า นิยมใช้กับวัสดุแข็ง เช่น เหล็ก และสแตนเลส แต่ร่องคายเศษจะเล็กจึงคายเศษได้ไม่ดี

ดังนั้นจึงเลือกใช้แบบ 4 ฟัน เพราะว่ามีความแข็งแรง สามารถเก็บรายละเอียดได้ดี ทำให้ผิวงานเรียบ เหมาะสำหรับวัสดุที่แข็ง เช่น เหล็ก และสามารถหาได้ง่ายภายในอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหการ

2.5 ค่าพิกัดความเผื่อ

ค่าพิกัดความเผื่อ (tolerance) การให้ขนาดความเผื่อนี้เมื่อใช้ถูกต้องจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานได้ดี และสามารถเลือกใช้การผลิตมีราคาต่ำ สามารถผลิตได้ตามขนาดที่ต้องการได้ ในทางปฏิบัติต้องให้ค่าพิกัดความเผื่อเท่าที่จำเป็นเท่านั้น และให้ค่าความเผื่อให้มากที่สุด

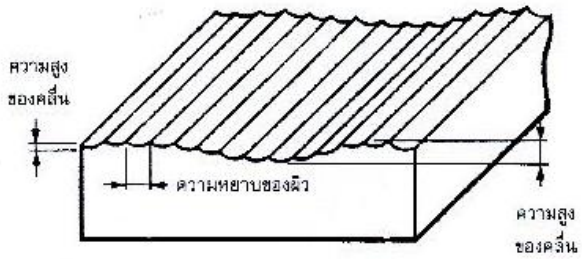
การคำนวณหาค่าพิกัดความเผื่อของชิ้นงาน ที่ทำการทดสอบนี้ มีการเปรียบเทียบมาตรฐานของ DIN/ISO 2768 ดังรูปที่ 2.27

Permissible deviations in mm for ranges in nominal lengths	f (fine)	Tolerance class designation (description)		v (very coarse)
		m (medium)	c (coarse)	
0.5 up to 3	±0.05	±0.1	±0.2	-
over 3 up to 6	±0.05	±0.1	±0.3	±0.5
over 6 up to 30	±0.1	±0.2	±0.5	±1.0
over 30 up to 120	±0.15	±0.3	±0.8	±1.5
over 120 up to 400	±0.2	±0.5	±1.2	±2.5
over 400 up to 1000	±0.3	±0.8	±2.0	±4.0
over 1000 up to 2000	±0.5	±1.2	±3.0	±6.0
over 2000 up to 4000	-	±2.0	±4.0	±8.0

รูปที่ 2.27 ตารางมาตรฐานค่าพิกัดความเผื่อ DIN/ISO 2768
ที่มา : http://hastaymakina.com/pdf/genel-boyut-toleranslari.pdf

2.6 ความหยาบละเอียดของผิวงาน

ความหยาบละเอียดของผิวงาน ผิวชิ้นงานที่ผ่านการะบวนการผลิตด้วยกรรมวิธีต่างๆ เช่น งานหล่อ งานรีด งานกดอัดขึ้นรูป และงานขึ้นรูปด้วยเครื่องมือกล เมื่อมองด้วยสายตาจะเห็นได้ว่าผิวของชิ้นงานมีความเรียบ แต่เมื่อนำมาขยายพบว่าผิวงานเหล่านั้นขรุขระเป็นคลื่น สูง-ต่ำ ไม่เท่ากัน โดยเฉพาะถ้าผิวของชิ้นงานใดมีความ สูง-ต่ำ แตกต่างกันมาก แสดงว่าผิวของชิ้นงานนั้นมีความหยาบของผิวมาก แต่ถ้าผิวของชิ้นงานใดมีความ สูง-ต่ำ น้อยก็แสดงว่ามีความหยาบของผิวน้อย ดังรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 ภาพขยายของผิวชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูป
ที่มา : http://www.moro.co.th/สัญลักษณ์ความหยาบละเอียด

2.6.1 การวัดค่าความหยาบละเอียดของผิวงานตามมาตรฐานของ DIN/ISO 4288

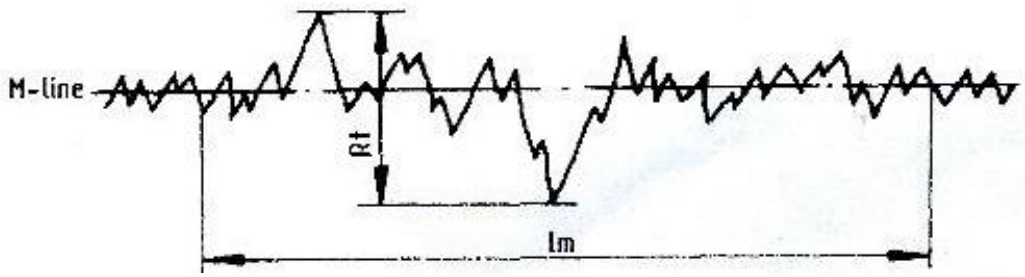
การวัดค่าความหยาบละเอียดของผิวงานตามมาตรฐานของ DIN/ISO 4288 ดังรูปที่ 2.29 ที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปมาแล้ว ในหน่วยนี้จะกล่าวถึงเฉพาะค่าความหยาบ Rt, Ra และ Rz เท่านั้น

ตารางที่ 2.1 ค่ามาตรฐาน DIN/ISO 4288

Recommended Cut-Off (DIN/ISO 4288)				
Periodic Profiles	Non-Periodic Profiles		Cut-Off	Samling Length/Evaluation Length
Spacing Distance RSm (mm)	Rz (µm)	Ra (µm)	λc (mm)	λc/L (mm)
0.013-0.04	0.1	0.02	0.08	0.08/0.4
0.04-0.13	0.1-0.5	0.02-0.1	0.25	0.25/1.25
0.13-0.4	0.5-10	0.1-2	0.8	0.8/4
0.4-1.3	10-50	2-10	2.5	2.5/12.5
1.3-4.0	50	10	8	8/40

ที่มา : http:// www.taylorhobsonserviceusa.com

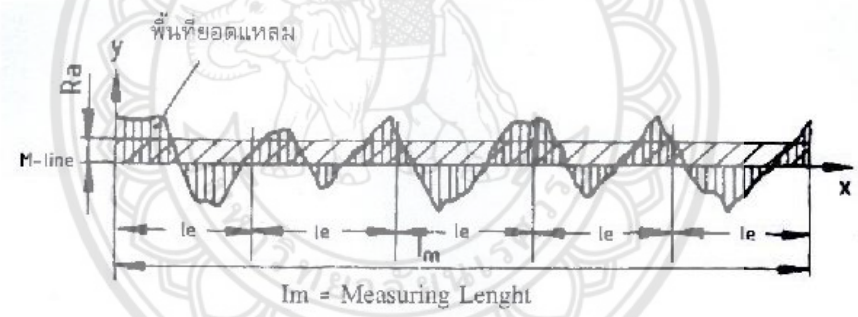
2.6.1.1 ค่าความหยาบ (Rt) คือ ค่าวัดจากจุดสูงสุดไปยังจุดต่ำสุดของผิวงาน ซึ่งมีหน่วยเป็นไมครอน (μm) ดังรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.29 การวัดค่าความหยาบ Rt

ที่มา : http://www.moro.co.th/สัญลักษณ์ความหยาบละเอียด

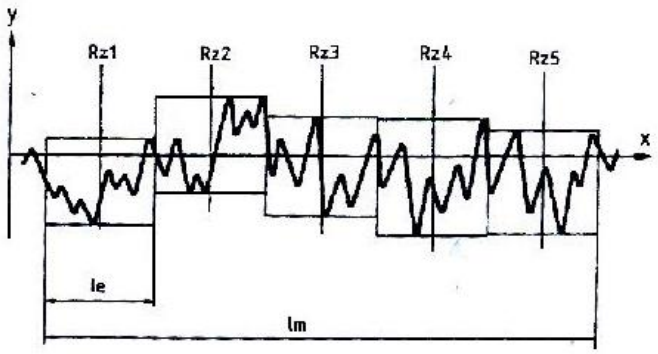
2.6.1.2 ค่าความหยาบ (Ra) คือ ค่าความหยาบผิวที่หาได้จากการรวมพื้นที่ยอดแหลมของคลื่นเหนือเส้นกึ่งกลาง (M-Line) กับพื้นที่ยอดแหลมของคลื่นใต้เส้นกึ่งกลาง หารด้วยความยาวเฉลี่ย (Lm) โดยที่ค่าของ Ra มีหน่วยวัดเป็นไมโครเมตร ดังรูปที่ 2.31



รูปที่ 2.30 การวัดค่าความหยาบ Ra

ที่มา : http://www.moro.co.th/สัญลักษณ์ความหยาบละเอียด

2.6.1.3 ค่าความหยาบ (Rz) คือ ค่าความหยาบผิวที่หาได้จากการวัดทดสอบเป็นช่วงเท่าๆ กัน 5 ช่วง แล้วนำค่าที่ได้มารวมกันหารด้วย 5 โดยที่ค่าของ Rz มีหน่วยเป็นไมโครเมตร Rmax ดังรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.31 การวัดค่าความหยาบ Rz
ที่มา : http://www.moro.co.th/สัญลักษณ์ความหยาบละเอียด

2.6.1.4 ค่าความหยาบผิวสูงสุด Rmax คือ ความลึกสูงสุดของร่องความหยาบที่มีอยู่ในระยะทดสอบ

2.6.2 แผ่นเทียบผิว

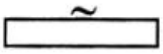
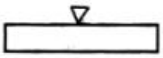
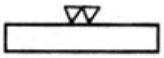
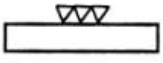
แผ่นเทียบผิว มีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมวางเรียงกันเป็นชุดตามลำดับความหยาบละเอียด และแต่ละแผ่นจะมีสัญลักษณ์บอกระดับความหยาบละเอียดไว้ เวลาใช้งานต้องนำแผ่นเทียบผิวไปเปรียบเทียบกับผิวชิ้นงาน ค่าความหยาบละเอียดของผิวงานก็สามารถอ่านจากแผ่นเทียบผิวที่มีผิวตรงกับผิวของชิ้นงาน

2.6.3 เครื่องวัดความหยาบละเอียดผิว

เครื่องวัดความหยาบละเอียดผิว เป็นเครื่องมือวัดความหยาบละเอียดผิวที่ทำงานด้วยระบบไฟฟ้า ซึ่งสามารถวัดค่าความหยาบละเอียดผิวเป็นตัวเลข หรือแสดงเป็นกราฟสามารถบอกค่าความหยาบละเอียดเป็น Ra, Rz และRmax ได้ด้วย

2.6.4 มาตรฐานความหยาบละเอียดผิว

มาตรฐานความหยาบละเอียดผิว สัญลักษณ์ความหยาบละเอียดผิวที่ใช้ เป็นมาตรฐานของเยอรมัน DIN 140 ได้กำหนดสัญลักษณ์ของความหยาบละเอียดผิวงานไว้เพื่อใช้ในงานเขียนแบบ โดยแบ่งลักษณะของคุณภาพผิวงานไว้ 6 แบบ มีการกำหนดความหยาบละเอียดเป็น 12 ชั้น ตั้งแต่ชั้น N1 ที่มีความหยาบน้อยไปถึง N12 ที่มีความหยาบมาก นอกจากนี้ยังกำหนดช่วงค่าความหยาบละเอียดผิวที่ได้จากกิจกรรมการผลิตด้วยวิธีการต่างๆ ดังรูปที่ 2.33

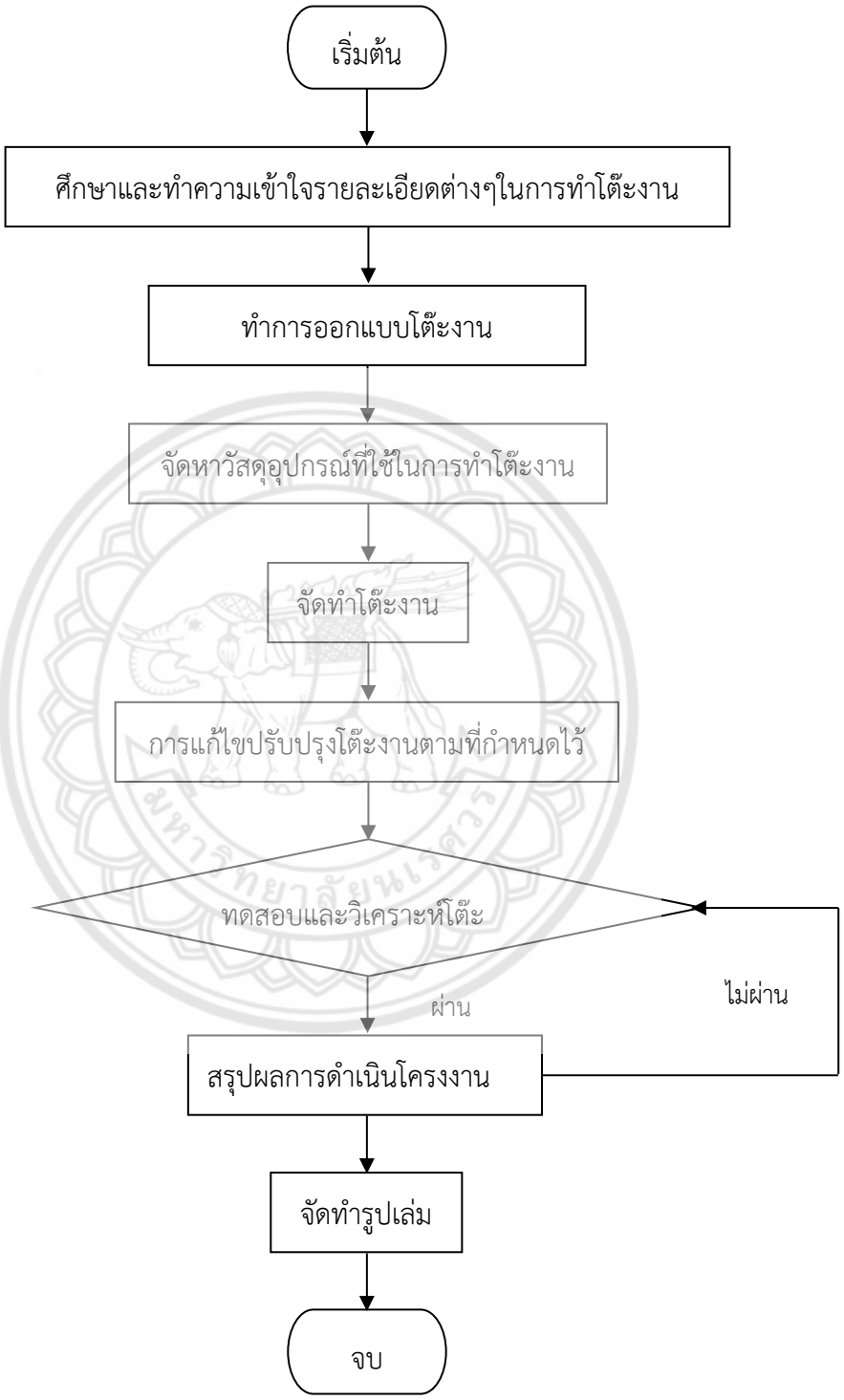
ความหมายตาม DIN 140	เครื่องหมายผิว	Rz (Rt) หน่วย µm				Ra หน่วย µm			
		R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
ผิวดิบ ซึ่งผ่านการผลิตด้วยกรรมวิธีไร้เศษ		เท่าใดก็ได้				ผิวดิบ			
ผิวหยาบ สัมผัสความหยาบ ได้ด้วยมือและมองเห็น		160	100	63	25	25	125	6,3	3,2
ผิวละเอียด ปานกลาง สามารถมองเห็นความหยาบด้วยตาเปล่า		40	25	16	10	6,3	3,2	1,6	1,6
ผิวละเอียด ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า		16	6,3	4	2,5	1,6	0,8	0,4	0,2
ใน DIN 140 ไม่มีเครื่องหมายนี้		-	1	1	0,4	-	0,1	0,1	0,025

ชั้นความหยาบ	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
Ra หน่วย µm	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50

รูปที่ 2.32 ลักษณะคุณภาพของผิวงาน

ที่มา : http://www.moro.co.th/สัญลักษณ์ความหยาบละเอียด

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การศึกษาและทำความเข้าใจลายละเอียดต่างๆ ในการทำโต๊ะงานโดยศึกษารายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.1 หลักการออกแบบโต๊ะงาน

การศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับโต๊ะงาน รูปแบบของงานกัด และข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องเจาะ

3.1.2 โปรเกรมที่ใช้ในการออกแบบ

การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับโปรแกรม solidwork ที่ใช้ในการออกแบบชิ้นงาน โดยทำความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้งาน ความหลากหลายในการใช้งาน ความสามารถในการออกแบบวิเคราะห์งาน เป็นต้น

3.2 การออกแบบโต๊ะงาน

ผู้ดำเนินโครงงานทำการร่างแบบโต๊ะงาน จากนั้นนำมาวาดเป็นแบบพร้อมกำหนดขนาดในโปรแกรม solidwork เพื่อให้สามารถวิเคราะห์แยกชิ้นส่วนได้พร้อมทั้งกำหนดรายละเอียดของวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโต๊ะงาน

3.3 การจัดหาวัสดุและอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทำโต๊ะงาน

การจัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโต๊ะงาน ตามรายละเอียดที่วางไว้ในขั้นตอนการออกแบบ

3.4 การจัดทำโต๊ะงาน

เมื่อจัดหาวัสดุอุปกรณ์ครบตามที่กำหนดเรียบร้อยแล้ว ก็ทำการจัดทำโต๊ะงานตามที่ได้ออกแบบ

3.5 การวิเคราะห์และทดสอบโต๊ะงาน

การวิเคราะห์ และทดสอบโต๊ะงานมี 2 รูปแบบ ดังต่อไปนี้

3.5.1 การวิเคราะห์และทดสอบที่ตัวโต๊ะงาน

3.5.1.1 การเลื่อนตามแนวแกน x ระยะ 130 มิลลิเมตร และ y ระยะ 50 มิลลิเมตร

3.5.1.2 การวัดและเปรียบเทียบค่าความยาวของร่องกัดที่ได้จากการทดลอง จากการกัดเพลาทองเหลืองสี่เหลี่ยม และเพลาอลูมิเนียมสี่เหลี่ยมขนาด 25 x 25 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร ในแนวแกน x ระยะ 50 มิลลิเมตร

3.5.2 การวิเคราะห์และทดสอบที่ตัวชิ้นงาน

3.5.2.1 การวัดและเปรียบเทียบค่าความหยาบละเอียดผิวร่องกัดที่ได้จากการทดลองการกัดเพลาทองเหลืองสี่เหลี่ยม และเพลาอลูมิเนียมสี่เหลี่ยมขนาด 25 x 25 มิลลิเมตร ยาว 130 มิลลิเมตร ในแนวแกน x ระยะ 130 มิลลิเมตร

3.5.2.2 การใช้ดอกกัดประเภท High Speed End Mill 4 ฟัน ขนาด 6, 8, 10 และ12 มิลลิเมตร ในการทดลองการกัดชิ้นงาน

3.5.2.3 การใช้ความเร็วรอบที่ 560, 950, 1,500 และ 2,350 รอบต่อนาที ตามความเหมาะสมกับขนาดของดอกกัด

3.5.2.4 กัดที่ความลึก 1 มิลลิเมตร

3.5.2.5 บันทึกผลลงในตาราง

3.5.2.6 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

3.6 การปรับปรุงแก้ไขโต๊ะงาน

การแก้ไขปรับปรุงโต๊ะงาน เมื่อโต๊ะงานเคลื่อนที่ หรือนำพาชิ้นงานกัดไม่ได้ตามมาตรฐาน โดยตรวจสอบชิ้นส่วนแต่ละชิ้นตามรายละเอียดที่กำหนดไว้

3.7 การสรุปผลการดำเนินโครงงาน

เมื่อทำการวิเคราะห์ และทดสอบโต๊ะงานเรียบร้อยแล้ว ก็นำข้อมูลตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงขั้นตอนสุดท้ายมาทำการสรุปผล เพื่อประมวลผลการดำเนินงาน

3.8 การจัดทำรูปเล่มโครงงาน

เมื่อวิเคราะห์สรุปผลเรียบร้อยแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาจัดทำเป็นรูปเล่ม เพื่อบันทึกเป็นลายลักษณ์อักษร

บทที่4
ผลการดำเนินโครงงาน

4.1 การวิเคราะห์ผลการดำเนินโครงงาน

จากการเก็บข้อมูล และศึกษาวิเคราะห์สภาพของโต๊ะงานบนเครื่องเจาะก่อนปรับปรุงได้ทำการออกแบบโต๊ะงาน โดยทำการติดมอเตอร์ให้กับโต๊ะงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพรางเลื่อนให้สามารถเลื่อน แบบ Auto โดยแนวแกน x สามารถเคลื่อนที่ได้ในระยะ 130 มิลลิเมตร และในแนวแกน y ไม่สามารถใช้นำพาชิ้นงานกัดได้ แต่สามารถเคลื่อนที่ได้แบบ Manual ในระยะ 50 มิลลิเมตร จากนั้นทำการเก็บข้อมูล โดยทดสอบการกัดเพลาทองเหลืองสี่เหลี่ยม และเพลาอลูมิเนียมสี่เหลี่ยมขนาด 25 x 25 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องเจาะ (ยี่ห้อ Strong รุ่น SC–15) กับดอกกัดขนาด 6, 8, 10 และ 12 มิลลิเมตร ที่มีความลึก 1 มิลลิเมตร ความยาว 50 มิลลิเมตร

4.1.1 ปัญหาที่พบ

ขณะทำการกัดชิ้นงานด้วยเครื่องเจาะ โต๊ะงานเกิดการสั่นเป็นอย่างมากส่งผลให้ทั้งโต๊ะงาน และเครื่องเจาะเกิดการชำรุด ทำให้ไม่สามารถกัดชิ้นงานได้ตรงตามมาตรฐานที่กำหนดได้

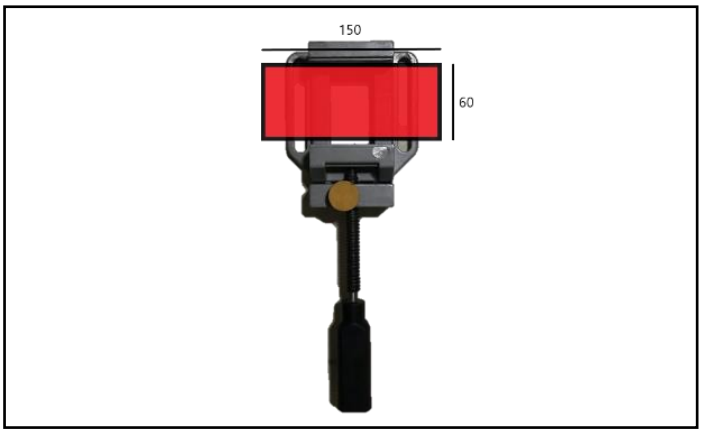
4.1.2 วิเคราะห์ปัญหา

โต๊ะงานไม่มีความแข็งแรงพอที่จะยึดชิ้นงานได้อย่างมั่นคง ทำให้เกิดการสั่นเป็นอย่างมาก จึงต้องหาวิธีเพิ่มความแข็งแรงให้โต๊ะงาน และลดการสั่นของโต๊ะงาน

4.2 การออกแบบโต๊ะงาน

4.2.1 การออกแบบปากกาจับยึดชิ้นงาน

การออกแบบปากกาจับยึดชิ้นงานซึ่งจะออกแบบโดยเลือกใช้ปากกาจับชิ้นงานที่ทำจากเหล็กหล่อ และมีปากจับเรียบ เนื่องจากมีน้ำหนักที่เบา และมีความแข็งแรงทนทานสามารถจับวัสดุได้อย่างมั่นคง สามารถจับยึดชิ้นงานที่เป็นเพลากลม เพลาสี่เหลี่ยม เพลาหกเหลี่ยม และวัสดุชนิดอื่น รองรับขนาดของชิ้นงานที่สามารถจับได้มีความกว้างมากที่สุด 60 มิลลิเมตร และความยาวมากที่สุด 150 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4.1



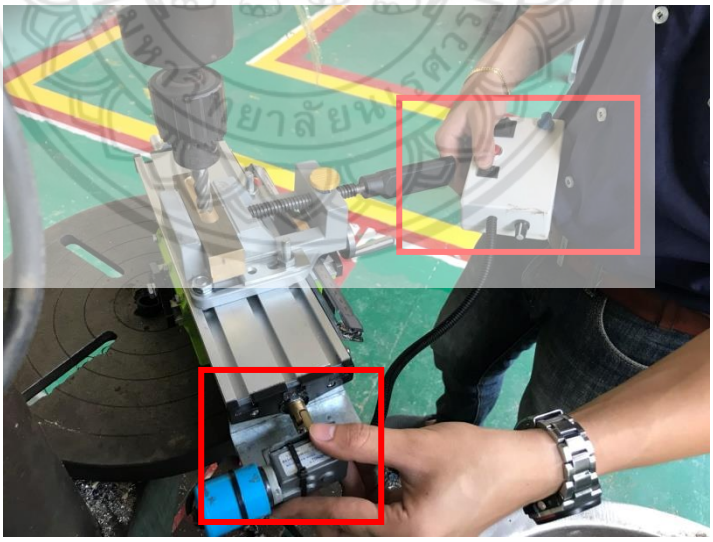
รูปที่ 4.1 ปากกาจับยึดชิ้นงาน

4.2.2 การออกแบบระบบการเลื่อนแนวแกน x

การออกแบบระบบการเลื่อนแนวแกน x ใช้สกรูขนาด 8 มิลลิเมตร ยาว 310 มิลลิเมตร ในการขับเคลื่อนโต๊ะงาน และมีการติดตั้งเวอเนียร์ดิจิตอลที่มีความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร เพื่อความสะดวกในการอ่านค่า โดยแบ่งตามลักษณะการควบคุมได้ 2 แบบคือ

4.2.2.1 การหมุนด้วยแรงคน โดยจะมีมือหมุนยึดติดไว้ทางด้านขวาของโต๊ะงาน

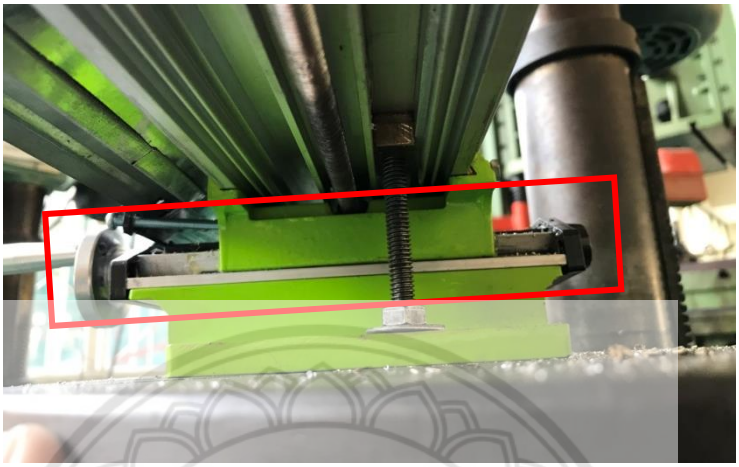
4.2.2.2 การหมุนด้วยมอเตอร์ โดยจะทำการติดตั้งมอเตอร์ไว้ทางด้านซ้ายของโต๊ะงาน หากต้องการเปิดใช้งานมอเตอร์ให้ทำการกดสวิตช์จากกล่องควบคุม ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การออกแบบระบบการเลื่อนแนวแกน x

4.2.3 การออกแบบระบบการเลื่อนแนวแกน y

การออกแบบระบบการเลื่อนแนวแกน y ใช้สกรูขนาด 8 มิลลิเมตร ยาว 160 มิลลิเมตร ในการขับเคลื่อนโต๊ะงาน แต่ไม่สามารถที่จะใช้กัดชิ้นงานได้ โดยจะมีมือหมุนยึดติดไว้ทางด้านหน้าของโต๊ะงานเพื่อใช้ในการหมุนด้วยแรงคน ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การออกแบบระบบการเลื่อนแนวแกน y

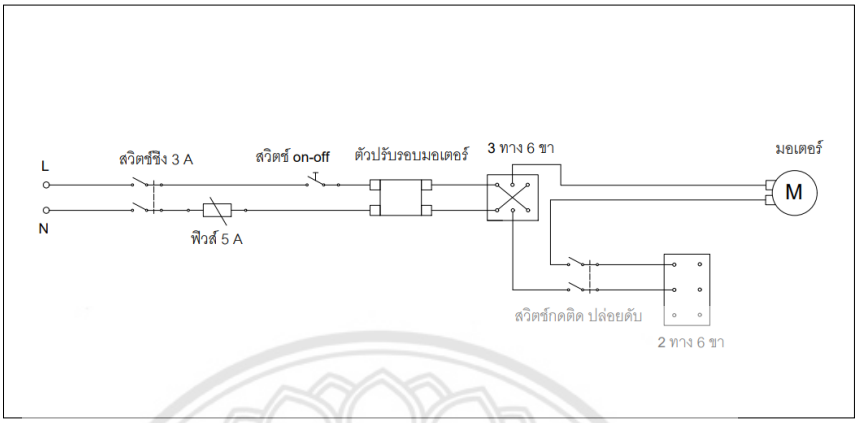
4.2.4 การออกแบบชุดติดตั้งโต๊ะงานสำหรับเครื่องเจาะ

การออกแบบชุดติดตั้งโต๊ะงานสำหรับเครื่องเจาะ ใช้สกรูในการยึดระหว่างฐานโต๊ะงานกับแท่นรองรับงาน และใช้หัวน็อตที่มีหางปลา เพื่อความสะดวกในการติดตั้งโดยไม่ต้องใช้ประแจในการขัน ดังรูปที่ 4.4

รูปที่ 4.4 ออกแบบชุดติดตั้งโต๊ะงานสำหรับเครื่องเจาะ

4.2.5 การออกแบบกล่องควบคุมมอเตอร์

ออกแบบกล่องควบคุมมอเตอร์ ภายในประกอบด้วย สวิตช์ปิด-เปิด ตัวปรับความเร็วมอเตอร์ สวิตช์สามทาง และสวิตช์ตัดไฟ เพื่อใช้ปรับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ โดยมีวงจรการทำงาน ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การออกแบบกล่องควบคุมมอเตอร์

เมื่อทำการออกแบบสวิตช์ปิด-เปิด ตัวปรับความเร็วมอเตอร์ สวิตช์สามทาง เพื่อใช้ปรับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ และสวิตช์ตัดไฟ โดยมีวงจรการทำงานก็นำใส่ในกล่องควบคุมมอเตอร์ที่ได้จัดเตรียมไว้ ดังรูปที่ 4.6

รูปที่ 4.6 กล่องควบคุมมอเตอร์

4.3 ผลการตั้งเป้าหมายและแผนการดำเนินการทดลอง

ผู้ดำเนินโครงงานได้ตั้งเป้าหมายสร้างโต๊ะงานที่สามารถเคลื่อนที่ในแนวแกน x และ y ให้ได้ตามวัตถุประสงค์ โดยเพิ่มความสามารถในการอ่านค่าของระยะที่โต๊ะงานเคลื่อนที่ได้ให้แม่นยำและสะดวกยิ่งขึ้น และเพิ่มความแข็งให้กับโต๊ะงาน เพื่อให้สามารถกัดชิ้นงานเพลาทองเหลืองสี่เหลี่ยมและเพลาอลูมิเนียมสี่เหลี่ยมได้ตามมาตรฐาน DIN/ISO 2768 รวมไปถึงมีความเรียบผิวตามมาตรฐาน DIN/ISO 4288

4.3.1 แผนการดำเนินการทดลอง

หลังจากได้ทำการทดลองกัดร่องเพลาทองเหลืองสี่เหลี่ยม และเพลาอลูมิเนียมสี่เหลี่ยมได้ศึกษาปัญหาของโต๊ะงานก่อนปรับปรุง ผู้ดำเนินโครงงานได้ทำแผนการปรับปรุง เพื่อให้งานได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ โดยแผนการดำเนินงานนั้นเริ่มตั้งแต่ เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2561

4.4 การจัดหาวัสดุ และอุปกรณ์ในการทำโต๊ะงานสำหรับติดตั้งบนเครื่องเจาะ

การจัดหาวัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในขั้นตอนการทำโต๊ะงานสำหรับติดตั้งบนเครื่องเจาะดำเนินการจัดหา ดังต่อไปนี้

4.4.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำตัวโต๊ะงาน

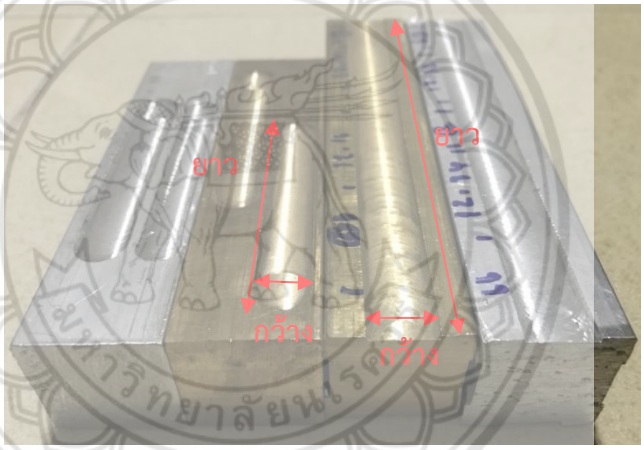
4.4.1.1 โต๊ะมิลลิ่ง รุ่น MINIQ BG6300	1	ตัว
4.4.1.2 มอเตอร์เกียร์ 12 โวลต์	1	ตัว
4.4.1.3 เวอร์เนียดิจิตัล	1	ตัว
4.4.1.4 แผ่นสังกะสีขนาด 300 x 300 x 0.5 มิลลิเมตร	1	แผ่น
4.4.1.5 แผ่นสังกะสีขนาด 90 x 80 x 1 มิลลิเมตร	1	แผ่น
4.4.1.6 แผ่นสังกะสีขนาด 60 x 50 x 1 มิลลิเมตร	1	แผ่น
4.4.1.7 แท่งทองเหลืองขนาด 10 x 30 x 10 มิลลิเมตร	2	แท่ง
4.4.1.8 แท่งทองเหลืองขนาด Ø13 x 20 มิลลิเมตร	2	แท่ง
4.4.1.9 หัวน็อตขนาด M8 x 1.25 มิลลิเมตร	6	ตัว
4.4.1.10 สกรูหัวกลมขนาด M4 x 5 มิลลิเมตร	6	ตัว
4.4.1.11สกรูเกลียวปล่อยหัวกลมขนาด M4 x 5 มิลลิเมตร	2	ตัว
4.4.1.12 สกรูขนาด M8 x 12.25 มิลลิเมตร	2	ตัว

4.4.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำกล่องควบคุม

4.4.2.1 กล่องวงจรขนาด 57 x 140 x 75 มิลลิเมตร	1	กล่อง
4.4.2.2 ชุดวงจรปรับความเร็วมอเตอร์	1	ชุด
4.4.2.3 สวิตช์ 3 ทาง 6 ขา	1	ตัว
4.4.2.4 สวิตช์ 2 ทาง 4 ขา	1	ตัว
4.4.2.5 สวิตช์ ปิด-เปิด	1	ตัว
4.4.2.6 สวิตช์กดติด-ปล่อยดับ	1	ตัว

4.5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การทดลองกัดชิ้นงานด้วยโต๊ะงานสำหรับติดตั้งบนเครื่องเจาะในแนวแกน x และทำการวัดค่าดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ระยะที่ทำการวัดชิ้นงาน

4.5.1 การทดลองกัดเพลาทองเหลืองสี่เหลี่ยม และเพลาอลูมิเนียมสี่เหลี่ยมในแนวแกน x ระยะ 50 มิลลิเมตร

ทำการทดสอบ และนำข้อมูลการกัดชิ้นงานบนเพลาทองเหลืองสี่เหลี่ยม และเพลาอลูมิเนียมสี่เหลี่ยมขนาด 25 x 25 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร กัดชิ้นงานลึก 1 มิลลิเมตร ทดสอบชิ้นงานทั้งหมด 10 ชิ้น เพลาทองเหลืองสี่เหลี่ยมใช้ดอกกัดขนาด 6 และ 8 มิลลิเมตร เลือกใช้ความเร็วรอบเท่ากับ 950 รอบต่อนาที ดอกกัดขนาด 10 และ 12 มิลลิเมตร เลือกใช้ความเร็วรอบเท่ากับ 560 รอบต่อนาที และความเร็วป้อนของการกัด เลือกใช้เท่ากับ 48 มิลลิเมตรต่อนาที และเพลาอลูมิเนียมสี่เหลี่ยมที่กัดด้วยดอกกัดขนาด 6, 8, 10 และ 12 มิลลิเมตร ใช้ความเร็วรอบเท่ากับ 2,350 รอบต่อนาที และความเร็วป้อนของการกัด เลือกใช้เท่ากับ 48 มิลลิเมตรต่อนาที นำมาทดสอบวัดค่าความหยาบละเอียดผิวงาน โดยชิ้นงานที่มีความยาว

130 มิลลิเมตร ได้แบ่งความยาวช่วงของการวัดค่าเป็น 4 ช่วง ช่วงละ 25 มิลลิเมตร และเว้น 10 มิลลิเมตร ระหว่างช่วงที่ทำการทดสอบบนชิ้นงาน ดังรูปที่ 4.8 จากนั้นทำการวัดค่าความเรียบผิว โดยใช้เครื่อง Surface Measuring Instrument Surftest-400 ยี่ห้อ MITUTOYO ดังรูปที่ 4.9 จำนวนอย่างละ 10 ครั้ง จากนั้นนำค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองไปเทียบกับช่วงมาตรฐานค่าพิกัดความเผื่อ DIN/ISO 2768 โดยค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ในระยะความยาวชิ้นงาน 30–120 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ ±0.8 ดังในตาราง ค.1 ฉะนั้น ในการทดลองค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับ 50±0.8 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองที่ได้จากการกัดเพลาทองเหลืองด้วยโต๊ะงานสำหรับติดตั้งเครื่องเจาะ

ขนาดดอกกัด	ค่าเฉลี่ยของความยาวที่วัดได้ (มิลลิเมตร)	มาตรฐานค่าพิกัดความเผื่อ DIN/ISO 2768 (50±0.8)	ค่าความคลาดเคลื่อน (มิลลิเมตร)	ยอมรับได้/ยอมรับไม่ได้
6	50.13	49.2–50.8	+0.13	ยอมรับได้
8	50.15	49.2–50.8	+0.15	ยอมรับได้
10	50.23	49.2–50.8	+0.23	ยอมรับได้
12	50.23	49.2–50.8	+0.23	ยอมรับได้

จากตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัดมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน DIN/ISO 2768 ชิ้นงานมีค่าที่อยู่ในช่วงมาตรฐาน และยอมรับได้ทั้งหมด

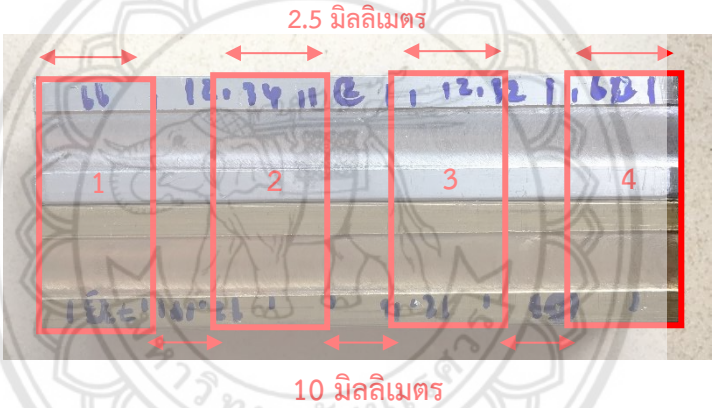
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองที่ได้จากการกัดเพลาอลูมิเนียมด้วยโต๊ะงานสำหรับติดตั้งเครื่องเจาะ

ขนาดดอกกัด	ค่าเฉลี่ยของความยาวที่วัดได้ (มิลลิเมตร)	มาตรฐานค่าพิกัดความเผื่อ DIN/ISO 2768 (50 ± 0.8)	ค่าความคลาดเคลื่อน (มิลลิเมตร)	ยอมรับได้/ยอมรับไม่ได้
6	50.11	49.2 – 50.8	+0.11	ยอมรับได้
8	50.10	49.2 – 50.8	+0.10	ยอมรับได้
10	50.13	49.2 – 50.8	+0.13	ยอมรับได้
12	50.36	49.2 – 50.8	+0.36	ยอมรับได้

จากตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัดมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน DIN/ISO 2768 ชิ้นงานมีค่าที่อยู่ในช่วงมาตรฐาน และยอมรับได้ทั้งหมด

4.5.2 ความหยาบละเอียดของผิวงาน

การทดสอบค่าความหยาบละเอียดของผิวงานได้นำชิ้นงานเพลาทองเหลืองสี่เหลี่ยมและเพลาอลูมิเนียมสี่เหลี่ยมที่กัดด้วยดอกกัดขนาด 6, 8, 10 และ 12 มิลลิเมตร ยาว 130 มิลลิเมตร ความลึก 1 มิลลิเมตร โดยเพลาทองเหลืองสี่เหลี่ยมที่กัดด้วยดอกกัดขนาด 6 และ 8 มิลลิเมตร เลือกใช้ความเร็วรอบเท่ากับ 950 รอบต่อนาที ดอกกัดขนาด 10 และ 12 มิลลิเมตร เลือกใช้ความเร็วรอบเท่ากับ 560 รอบต่อนาที และความเร็วป้อนของการกัด เลือกใช้เท่ากับ 48 มิลลิเมตรต่อนาที และเพลาอลูมิเนียมสี่เหลี่ยมที่กัดด้วยดอกกัดขนาด 6, 8, 10 และ 12 มิลลิเมตร ใช้ความเร็วรอบเท่ากับ 2,350 รอบต่อนาที และความเร็วป้อนของการกัด เลือกใช้เท่ากับ 48 มิลลิเมตรต่อนาที นำมาทดสอบวัดค่าความหยาบละเอียดผิวงาน โดยชิ้นงานที่มีความยาว 130 มิลลิเมตร ได้แบ่งความยาวช่วงของการวัดค่าเป็น 4 ช่วง ช่วงละ 25 มิลลิเมตร และเว้น 10 มิลลิเมตร ระหว่างช่วงที่ทดสอบบนชิ้นงาน ดังรูปที่4.8 จากนั้นการวัดค่าความหยาบละเอียดของผิวงานโดยใช้เครื่อง Surface Measuring Instrument Surftest-400 ยี่ห้อ MITUTOYO ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.8 ชิ้นงานที่ทำการทดสอบ 4 ช่วง

รูปที่ 4.9 เครื่อง Surface Measuring Instrument Surftest-400 ยี่ห้อ MITUTOYO

ก่อนทำการทดสอบค่าความหยาบละเอียดของผิวงานต้องทำการเซ็ตเครื่อง โดยใช้ชิ้นงานตัวอย่างมาทดสอบค่าความหยาบละเอียดผิว เพื่อให้ค่าที่ออกมานั้นใกล้เคียงกับชิ้นงานตัวอย่าง ดังรูปที่ 4.11 โดยได้ทำการวัดจากเครื่อง Surface Measuring Instrument Surftest-400 ยี่ห้อ MITUTOYO ซึ่งมีค่า ดังตารางที่ 4.4

รูปที่ 4.10 ค่าตัวอย่างในการวัดความหยาบละเอียดของผิวงาน

ตารางที่ 4.3 ค่าความหยาบละเอียดของผิวงานที่วัดได้จากชิ้นงานตัวอย่างดังรูปที่ 4.10

ชิ้นงานที่	ค่าความหยาบละเอียดผิวงานที่วัดได้	
	Ra (ไมครอน)	Rz (ไมครอน)
ชิ้นงานตัวอย่าง	2.75	8.8

จากตารางที่ 4.3 ในการทดสอบค่าความหยาบละเอียดของผิวงานของชิ้นงานตัวอย่าง จะเห็นได้ว่าค่าที่ได้ใกล้เคียงกับค่าที่แสดงบนแผ่นทดสอบ ดังนั้นสามารถทดสอบค่าชิ้นงานอื่นได้

จากการทดสอบวัดค่าความหยาบละเอียดผิวงาน ได้กราฟแสดงความหยาบละเอียดผิวงานของชิ้นงานตัวอย่าง ดังรูปที่ จ.1

ตารางที่ 4.4 ค่าความหยาบละเอียดของผิวงานที่วัดได้จากชิ้นงานเพลาทองเหลือง

ช่วงที่ / ขนาดดอกกัด	ความหยาบผิวเฉลี่ยเลขคณิต (Ra) (ไมครอน) และความหยาบผิวขนาดโดยเฉลี่ย (Rz) (ไมครอน)									
	1		2		3		4		ค่าเฉลี่ย	
	Ra	Rz	Ra	Rz	Ra	Rz	Ra	Rz	Ra	Rz
6	0.85	5.7	1.3	7.1	0.98	5.7	0.92	5.9	1.01	6.1
8	1.92	7.5	1.83	7.1	1.3	5.6	1.05	4.7	1.53	6.23
10	2.09	10.7	1.71	10.5	1.49	8.1	1.57	8.7	1.71	9.5
12	0.78	4.5	0.95	5.1	0.99	5.5	0.96	5.3	0.92	5.1

จากตารางที่ 4.4 แสดงความหยาบละเอียดผิวงานของเพลาทองเหลืองที่กัดด้วยดอกกัดขนาด 6, 8, 10 และ 12 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.5 ค่าความหยาบละเอียดของผิวงานที่วัดได้จากชิ้นงานเพลาอลูมิเนียม

ช่วงที่ / ขนาดดอกกัด	ความหยาบผิวเฉลี่ยเลขคณิต (Ra) (ไมครอน) และความหยาบผิวขนาดโดยเฉลี่ย (Rz) (ไมครอน)									
	1		2		3		4		ค่าเฉลี่ย	
	Ra	Rz	Ra	Rz	Ra	Rz	Ra	Rz	Ra	Rz
6	1.68	8.6	1.7	9.5	1.84	10.4	1.44	7.5	1.67	9
8	2.05	16.2	2.26	8.9	2.13	9.7	1.78	7.6	2.06	9.1
10	2.51	12.3	2.25	11.7	2.3	11.6	2.84	12.5	2.48	12.03
12	1.48	5.9	1.31	6.4	1.23	5.7	1.32	5.8	1.34	5.95

จากตารางที่ 4.5 แสดงความหยาบละเอียดผิวงานของเพลาทองเหลืองที่กัดด้วยดอกกัดขนาด 6, 8, 10 และ 12 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบค่ามาตรฐานความหยาบละเอียดของผิวงานของเพลาทองเหลืองที่ได้จากการทดลอง

ขนาดดอกกัด (มิลลิเมตร)	ค่าความหยาบผิวเฉลี่ยเลขคณิต (Ra) (ไมครอน)	ช่วงค่ามาตรฐานความหยาบผิวเฉลี่ยเลขคณิต (Ra) (ไมครอน)	ค่าความหยาบผิวขนาดโดยเฉลี่ย (Rz) (ไมครอน)	ช่วงค่ามาตรฐานความหยาบผิวขนาดโดยเฉลี่ย (Rz) (ไมครอน)	ยอมรับได้/ยอมรับไม่ได้
6	1.01	2–10	6.10	10–50	ยอมรับได้
8	1.53	2–10	6.23	10–50	ยอมรับได้
10	1.71	2–10	9.50	10–50	ยอมรับได้
12	0.92	2–10	5.10	10–50	ยอมรับได้

จากตารางที่ 4.6 พบว่าค่าความหยาบผิวเฉลี่ยเลขคณิต (Ra) และค่าความหยาบผิวขนาดโดยเฉลี่ย (Rz) ของเพลาทองเหลืองอยู่ในช่วงค่ามาตรฐานทั้งหมด

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบค่ามาตรฐานความหยาบละเอียดของผิวงานของเพลาอลูมิเนียมที่ได้จากการทดลอง

ขนาดดอกกัด (mm)	ค่าความหยาบผิวเฉลี่ยเลขคณิต (Ra) (μm)	ช่วงค่ามาตรฐานความหยาบผิวเฉลี่ยเลขคณิต (Ra) (μm)	ค่าความหยาบผิวขนาดโดยเฉลี่ย (Rz) (ไมครอน) (μm)	ช่วงค่ามาตรฐานความหยาบผิวขนาดโดยเฉลี่ย (Rz) (μm)	ยอมรับได้/ยอมรับไม่ได้
6	1.67	2–10	9.00	10–50	ยอมรับได้
8	2.06	2–10	9.10	10–50	ยอมรับได้
10	2.48	2–10	12.03	10–50	ยอมรับได้
12	1.34	2–10	5.95	10–50	ยอมรับได้

จากตารางที่ 4.8 พบว่าค่าความหยาบผิวเฉลี่ยเลขคณิต (Ra) และค่าความหยาบผิวขนาดโดยเฉลี่ย (Rz) ของเพลาอลูมิเนียมอยู่ในช่วงค่ามาตรฐานทั้งหมด

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุปผลการดำเนินโครงงาน

5.1.1 โต๊ะงานสามารถติดตั้งบนเครื่องเจาะยี่ห้อ Strong รุ่น SC–15 ได้

5.1.2 โต๊ะงานสามารถเคลื่อนที่ และนำพาชิ้นงานให้กัดบนเครื่องเจาะในแนวแกน x ได้ทั้งแบบ Auto และ Manual ในระยะ 130 มิลลิเมตร มีความแม่นยำ 98.75 เปอร์เซ็น และแกน y สามารถเคลื่อนที่แบบ Manual ในแนวแกน y ในระยะ 50 มิลลิเมตร แต่ไม่สามารถนำพาชิ้นงานกัดบนเครื่องเจาะได้

5.1.3 ชิ้นงานเพลาทองเหลืองสี่เหลี่ยม และเพลาอลูมิเนียมสี่เหลี่ยมที่ได้จากการทดลองกัดในแนวแกน x ด้วยดอกกัดขนาด 6, 8, 10 และ 12 มิลลิเมตร ในระยะ 50 มิลลิเมตร มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงมาตรฐานค่าพิกัดความเผื่อ DIN/ISO 2768 ทั้งหมด

5.1.4 ชิ้นงานเพลาทองเหลืองและเพลาอลูมิเนียมที่ได้จากการทดลองการกัดด้วยดอกกัดขนาด 6, 8, 10 และ12 มิลลิเมตร ในระยะ130 มิลลิเมตร เพื่อหาความหยาบละเอียดผิวนั้นเป็นไปตามมาตรฐาน DIN/ISO 4288 โดยค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของความหยาบละเอียดของผิวงานมีค่ามากกว่ามาตรฐาน ร้อยละ 29.32 ฉะนั้น โต๊ะงานสามารถนำพาชิ้นงานให้กัดบนเครื่องเจาะได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การแก้ไขและปรับปรุง

5.2.1.1 ตัวโต๊ะงานควรใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงมากกว่าเดิม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกัดให้ดีขึ้น

5.2.1.2 หากต้องการเพิ่มความเร็วในการป้อน ให้เลือกใช้มอเตอร์ที่มีแรงบิดและความเร็วรอบสูงขึ้น

5.2.1.3 สกรูที่ใช้ยึดจับโต๊ะงานกับเครื่องเจาะและแกนค้ำรางเลื่อนไม่ควรเป็นตัวเดียวกัน

5.2.1.4 หากต้องการนำโต๊ะงานไปติดตั้งกับเครื่องเจาะรุ่นอื่น ควรพัฒนา ปรับปรุงตัวจับยึดให้เหมาะสมกับแท่นรองรับชิ้นงาน

5.2.1.5 สามารถติดตั้งมอเตอร์ ให้กับแนวแกน y ได้เช่นเดียกับแนวแกน x เพื่อทำการเปิดใช้งานในระบบ Auto

5.2.1.6 หากต้องการให้โต๊ะงาน สามารถนำพาชิ้นงานให้กัดบนเครื่องเจาะในแนวแกน y ต้องทำการเพิ่มความแข็งแรงให้กับแนวแกน y ก่อน

5.2.2 ข้อจำกัดในการใช้งาน

5.2.2.1 โต๊ะงานสามารถเคลื่อนที่และนำพาชิ้นงานให้กัดบนเครื่องเจาะในแนวแกน x ได้ในระยะ 130 มิลลิเมตร และเคลื่อนที่ในแนวแกน y ได้ในระยะ 50 มิลลิเมตร และไม่สามารถนำพาชิ้นงานให้กัดบนเครื่องเจาะได้

5.2.2.2 มอเตอร์สามารถปรับความเร็วป้อนได้ในช่วง 0-0.8 มิลลิเมตร/วินาที

5.2.2.3 ความแข็งแรงของโต๊ะงานไม่พอที่จะนำพาวัสดุที่มีความแข็งมากให้กัดบนเครื่องเจาะได้ ดังนั้นโต๊ะงานจึงเหมาะกับวัสดุประเภทอัลลอย

5.2.2.4 ตัวโต๊ะงานสามารถติดตั้งได้เฉพาะแท่นรองรับงานที่สามารถหมุนได้รอบตัว และมีร่องสำหรับจับยึดแบบเจาะทะลุด้านล่าง

5.2.2.5 หัวจับดอกสว่านยี่ห้อ Strong รุ่น SC–15 สามารถจับดอกกัดได้ขนาดใหญ่สุด 12 มิลลิเมตร

5.2.3 การติดตั้งและการใช้งาน

5.2.3.1 ก่อนทำการกัดชิ้นงานควรคำนึงถึง ชนิดของวัสดุที่ทำการกัด ขนาดของดอกกัด ความเร็วรอบ และความเร็วป้อนทุกครั้งเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับตัวชิ้นงานและโต๊ะงาน

5.2.3.2 สามารถใช้งานระบบ Auto ได้ เลื่อนมอเตอร์เข้าหาโต๊ะงาน แต่ถ้าต้องการกัดแบบระบบ Manual ก็ทำโดยการเลื่อนมอเตอร์ออก

5.2.3.3 ก่อนการกัดชิ้นงานให้คำนึงถึงรูปร่างของชิ้นงาน และควรใช้ปากกาจับชิ้นงานให้เหมาะสมกับชิ้นงาน เพื่อการยึดจับชิ้นงานที่แน่นและมั่นคง

5.2.3.4 โต๊ะงานสามารถใช้นำพาชิ้นงานเพื่อเจาะบนเครื่องเจาะได้

5.2.3.5 การกรับทิศทางการเคลื่อนที่ของมอเตอร์สามารถทำได้โดยกดปุ่มเพื่อเลือกทิศทางบนกล่องควบคุมมอเตอร์

5.2.3.6 สามารถปรับความเร็วของมอเตอร์ได้จากตัวปรับความเร็วมอเตอร์ บนกล่องควบคุมมอเตอร์

เอกสารอ้างอิง

ประกาศิต ปะธิเก. (2556). **เครื่องเจาะ.** (ออนไลน์). แหล่งที่มา :
https://sites.google.com/site/prakasittid3qqq/si-xen-si/kheruxng-ceaa

ปิยะพงษ์ บางสร้อย. **เครื่องเจาะ.** (ออนไลน์). แหล่งที่มา :
https://sites.google.com/site/krrmwithikarphlitt/khumux-kar-chi-ngan

ประเวศ ยอดยิ่ง. (2546). **เครื่องกัด.** กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ

สันธร. (2558). **ดอกกัด.** (ออนไลน์). แหล่งที่มา :
http://webstaff.kmutt.ac.th/~sunthorn.liu/textPRE101,103/11Milling.pdf

โมโรไทย. (2559). **ความหยาบละเอียดผิวของผิวงาน.** (ออนไลน์). แหล่งที่มา :
http://www.moro.co.th/สัญลักษณ์ความหยาบละเอียด

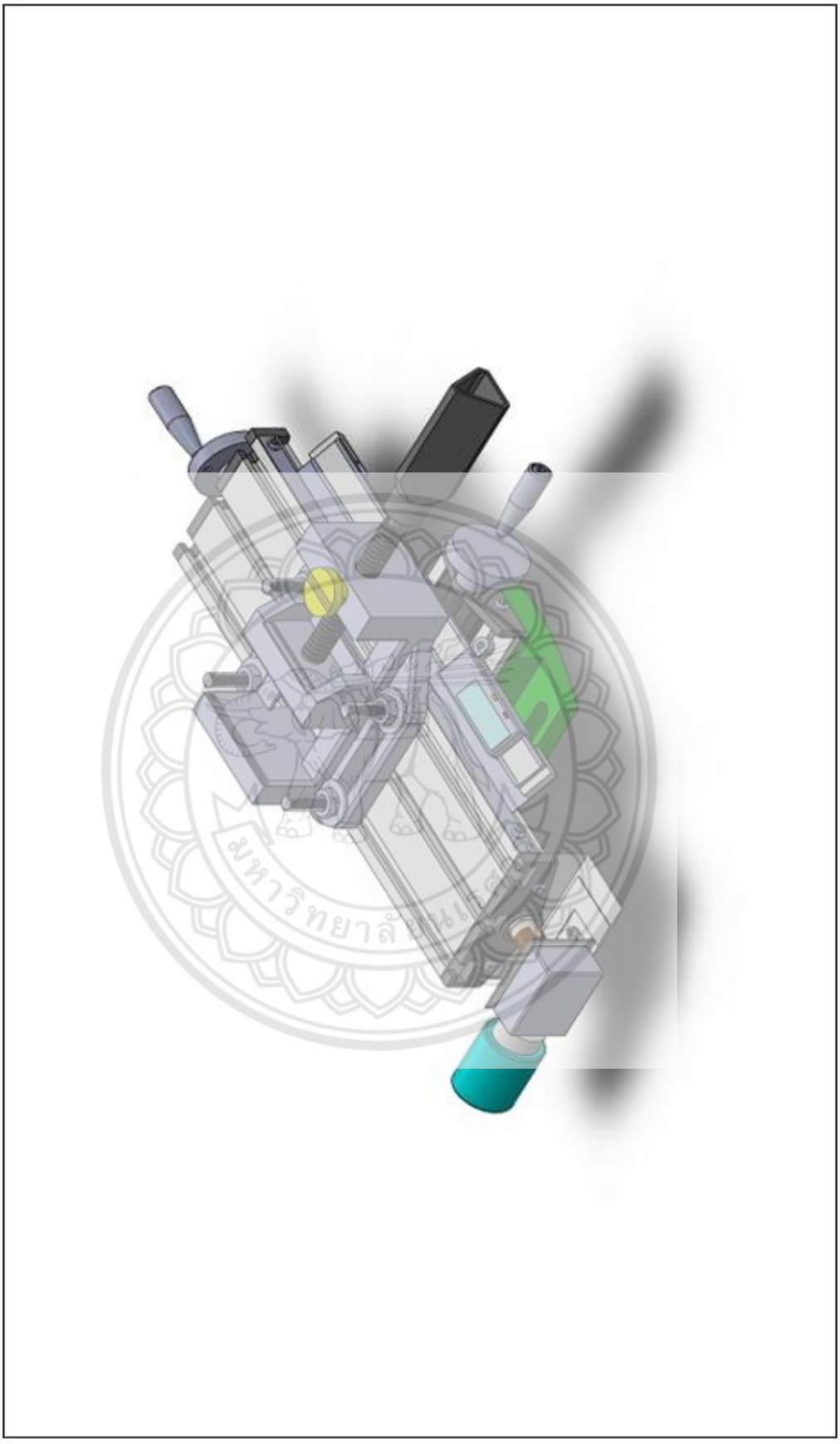
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชัยนนท์ ศรีสุภินานนท์. **พื้นฐานทางช่าง.** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2558

ตารางมาตรฐานค่าพิกัดความเผื่อ DIN/ISO 2768. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :
http://hastaymakina.com/pdf/genel-boyut-toleranslari.pdf

TAYLOR HOBSON. **ค่ามาตรฐาน DIN/ISO 4288.** (ออนไลน์). แหล่งที่มา :
https://www.taylorhobsonserviceusa.com

ภาคผนวก ก

Design and Drawing



รูปที่ ก.14 โต๊ะงานสำหรับติดตั้งบนเครื่องเจาะ

ภาคผนวก ข

การคำนวณที่เกี่ยวข้อง

ข.1 รายละเอียดคุณสมบัติของชิ้นงาน มีดกัด และเครื่องเจาะ

1. รายละเอียดคุณสมบัติของชิ้นงานเพลาสี่เหลี่ยม

1.1 รายละเอียดคุณสมบัติของชิ้นงานเพลาสี่เหลี่ยมทองเหลือง

รายละเอียดคุณสมบัติของชิ้นงานเพลาสี่เหลี่ยมทองเหลืองทองเหลืองแท่ง Munts Metal ใช้สังกะสีผสม 40% (60CU-40Zn) เป็นทองเหลือง ที่มีความแข็งแรงสูง มีคุณสมบัติทางกลดังต่อไปนี้

Tensile strength 335 MPa

Yield strength 310 MPa

Binell Hardness 80 HB

Elongation< 20%

1.2 รายละเอียดคุณสมบัติของชิ้นงานเพลาอลูมิเนียม

รายละเอียดคุณสมบัติของชิ้นงานเพลาอลูมิเนียมอลูมิเนียม 6063 เป็นอลูมิเนียมจุดหลอมเหลวต่ำ หล่อหลอมง่าย น้ำหนักเบา และทนต่อการกัดกร่อน เป็นโลหะผสมแรงยึดปานกลางมักถูกนำไปใช้ในการอัดขึ้นรูปที่ซับซ้อน สามารถ กัด กลึง ไส ได้ง่าย และเหมาะแก่งานที่ต้องการเน้นเรื่องสีของพื้นผิว มีคุณสมบัติทางกลดังต่อไปนี้

Tensile strength 241 MPa

Yield strength 214 MPa

Binell Hardness 70 HB

Elongation < 12%

2. รายละเอียดคุณสมบัติของมีดกัด End Mill

ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของมีดกัดที่ใช้ในการทดลอง คือ 6, 8, 10 และ 12 มิลลิเมตร ชนิดวัสดุของมีดกัดแบบ High Speed Steel (HSS) จำนวนคมตัดของมีดกัด เท่ากับ 4 คมตัด

3. รายละเอียดของเครื่องเจาะ

ยี่ห้อของเครื่องเจาะ STRONG

รุ่นเครื่องเจาะ SC - 15

ความเร็วรอบหัวจับ (n) เท่ากับ 560, 950, 1500 และ 2,350 รอบ/นาที

ข.2 การคำนวณหาความเร็วตัด (V_c)

1. การกำหนดค่าความเร็วตัด (V_c)

จากตารางทำการกัดโดยใช้ดอกกัดประเภท High Speed End Mill 4 ฟัน ขนาด 6, 8, 10 และ 12 มิลลิเมตร ในการทดสอบการกัดชิ้นงาน และชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบคือ เพลาทองเหลืองสี่เหลี่ม และเพลาอลูมิเนียมสี่เหลี่ยม

เมื่อเปรียบเทียบกับตารางค่าความเร็วตัด หรือตาราง ค.3 แล้วทำให้ทราบว่า ค่าความเร็วตัด (V_c) ของทองเหลืองมีค่าเท่ากับ 20 เมตรต่อนาทีและค่าความเร็วตัด (V_c) ของอลูมิเนียมมีค่าเท่ากับ 150 เมตรต่อนาที

2. หาความเร็วรอบดอกกัด (N)

จากสมการที่ 2.1 (หน้า 18)

$$N = \frac{1000 \times V_C}{\pi D} \qquad \textbf{(2.1)}$$

เมื่อ V_c คือ ความเร็วตัด

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของคมตัด

แทนค่าต่างๆ ลงในสมการที่ (2.1) ได้ดังนี้

เมื่อทำการวัดค่าความเร็วรอบดอกกัดค่าที่ทำการวัดได้จะมีค่าดังตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 ค่าความเร็วรอบดอกกัดที่ทำการวัด

ความเร็วรอบเดิม (รอบต่อนาที)	ความเร็วรอบที่วัดที่ได้ (รอบต่อนาที)
560	555
950	949
1,500	1,488
2,350	2,339

2.1 หาความเร็วรอบดอกกัด (*N*) ของทองเหลือง

2.1.1 ดอกกัด 6 มิลลิเมตร

เมื่อ V_C = 20 เมตรต่อนาที, D = 6 มิลลิเมตร

$N = \frac{1000 \times 20}{\pi(6)}$ = 1,061.57 ≈ 1,061 รอบต่อนาที

ดังนั้น ความเร็วรอบที่ใช้ของการกัดชิ้นงาน เท่ากับ 949 รอบต่อนาที

2.1.2 ดอกกัด 8 มิลลิเมตร

เมื่อ V_C = 20 เมตรต่อนาที, D = 8 มิลลิเมตร

$N = \frac{1000 \times 20}{\pi(8)}$ = 795.77 ≈ 796 รอบต่อนาที

ดังนั้น ความเร็วรอบที่ใช้ของการกัดชิ้นงาน เท่ากับ 560 รอบต่อนาที

2.1.3 ดอกกัด 10 มิลลิเมตร

เมื่อ V_C = 20 เมตรต่อนาที, D = 10 มิลลิเมตร

$N = \frac{1000 \times 20}{\pi(10)}$ = 636.62 ≈ 637 รอบต่อนาที

ดังนั้น ความเร็วรอบที่ใช้ของการกัดชิ้นงาน เท่ากับ 560 รอบต่อนาที

2.1.4 ดอกกัด 12 มิลลิเมตร

เมื่อ V_C = 20 เมตรต่อนาที, D = 12 มิลลิเมตร

$N = \frac{1000 \times 20}{\pi(12)}$ = 530.52 ≈ 531 รอบต่อนาที

ดังนั้น ความเร็วรอบที่ใช้ของการกัดชิ้นงาน เท่ากับ 560 รอบต่อนาที

2.2 หาความเร็วรอบดอกกัด (*N*) ของอลูมิเนียม

2.2.1 ดอกกัด 6 มิลลิเมตร

เมื่อ V_C = 150 เมตรต่อนาที, D = 6 มิลลิเมตร

$N = \frac{1000 \times 150}{\pi(6)}$ = 7,961.78 ≈ 7,962 รอบต่อนาที

ดังนั้น ความเร็วรอบที่ใช้ของการกัดชิ้นงาน เท่ากับ 2,350 รอบต่อนาที

2.2.2 ดอกกัด 8 มิลลิเมตร

เมื่อ V_c = 150 เมตรต่อนาที, D = 8 มิลลิเมตร

$N = \frac{1000 \times 150}{\pi(8)}$ = 5,971.34 ≈ 5,971 รอบต่อนาที

ดังนั้น ความเร็วรอบที่ใช้ของการกัดชิ้นงาน เท่ากับ 2,350 รอบต่อนาที

2.2.3 ดอกกัด 10 มิลลิเมตร

เมื่อ V_c = 150 เมตรต่อนาที, D = 10 มิลลิเมตร

$N = \frac{1000 \times 150}{\pi(10)}$ = 4,777.07 ≈ 4,777 รอบต่อนาที

ดังนั้น ความเร็วรอบที่ใช้ของการกัดชิ้นงาน เท่ากับ 2,350 รอบต่อนาที

2.2.4 ดอกกัด 12 มิลลิเมตร

เมื่อ V_c = 150 เมตรต่อนาที, D = 12 มิลลิเมตร

$N = \frac{1000 \times 150}{\pi(12)}$ = 3,980.89 ≈ 3,981 รอบต่อนาที

ดังนั้น ความเร็วรอบที่ใช้ของการกัดชิ้นงาน เท่ากับ 2,350 **รอบต่อนาที**

3. หาความเร็วป้อน (V_f)

จากสมการที่ ข.1

$$V_f = N \times f_z \times z \qquad \textbf{(ข.1)}$$

เมื่อ N คือ ความเร็วรอบ

f_z คือ อัตราป้อนต่อฟัน

z คือ จำนวนคมฟัน (จำนวนฟันของดอกกัด)

เมื่อเปรียบเทียบกับตารางอัตราการป้อนต่อฟัน หรือตาราง ค.2 แล้วทำให้ทราบว่าค่าอัตราการป้อนต่อฟัน (f_z) ของทองเหลืองมีค่าเท่ากับ 0.18 มิลลิเมตรต่อฟัน และค่าอัตราการป้อนต่อฟัน (f_z) ของอลูมิเนียมมีค่าเท่ากับ 0.28 มิลลิเมตรต่อฟัน

แทนค่าต่างๆ ลงในสมการ (2.2) ได้ดังนี้

3.1 หาความเร็วป้อน (V_f) ที่ใช้กัดเพลาทองเหลือง

3.1.1 ดอกกัด 6 มิลลิเมตร

เมื่อ N = 1,061 รอบต่อนาที, f_z = 0.18 มิลลิเมตร, z = 4 ฟัน

V_f = 1,061 x 0.18 x 4 = 763.92 ≈ 764 มิลลิเมตรต่อนาที

ดังนั้น ความเร็วป้อนของการกัด ที่ใช้เท่ากับ 48 มิลลิเมตรต่อนาที

3.1.2 ดอกกัด 8 มิลลิเมตร

เมื่อ N = 796 รอบต่อนาที, f_z = 0.18 มิลลิเมตร, z = 4 ฟัน

V_f = 796 x 0.18 x 4 = 573.12 ≈ 573 มิลลิเมตรต่อนาที

ดังนั้น ความเร็วป้อนของการกัด ที่ใช้เท่ากับ 48 มิลลิเมตรต่อนาที

3.1.3 ดอกกัด 10 มิลลิเมตร

เมื่อ N = 637 รอบต่อนาที, f_z = 0.18 มิลลิเมตร, z = 4 ฟัน

V_f = 637 x 0.18 x 4 = 458.64 ≈ 459 มิลลิเมตรต่อนาที

ดังนั้น ความเร็วป้อนของการกัด ที่ใช้เท่ากับ 48 มิลลิเมตรต่อนาที

3.1.4 ดอกกัด 12 มิลลิเมตร

เมื่อ N = 531 รอบต่อนาที, f_z = 0.18 มิลลิเมตร, z = 4 ฟัน

V_f = 531 x 0.18 x 4 = 382.32 ≈ 382 มิลลิเมตรต่อนาที

ดังนั้น ความเร็วป้อนของการกัด ที่ใช้เท่ากับ 48 มิลลิเมตรต่อนาที

3.2 หาความเร็วป้อน (V_f) ที่ใช้กัดเพลาอลูมิเนียม

3.2.1 ดอกกัด 6 มิลลิเมตร

เมื่อ N = 7,962 รอบต่อนาที, f_z = 0.28 มิลลิเมตร, z = 4 ฟัน

V_f = 7,962 x 0.28 x 4 = 8,917.44 ≈ 8,917 มิลลิเมตรต่อนาที

ดังนั้น ความเร็วป้อนของการกัด ที่ใช้เท่ากับ 48 มิลลิเมตรต่อนาที

3.2.2 ดอกกัด 8 มิลลิเมตร

เมื่อ N = 5,971รอบต่อนาที, f_z = 0.28 มิลลิเมตร, z = 4 ฟัน

V_f = 5,971 x 0.28 x 4 = 6,687.52 ≈ 6,687 มิลลิเมตรต่อนาที

ดังนั้น ความเร็วป้อนของการกัด ที่ใช้เท่ากับ 48 มิลลิเมตรต่อนาที

3.1.3 ดอกกัด 10 มิลลิเมตร

เมื่อ N = 4,777 รอบต่อนาที, f_z = 0.28 มิลลิเมตร, z = 4 ฟัน

V_f = 4,777 x 0.28 x 4 = 5,350.24 ≈ 5,350 มิลลิเมตรต่อนาที

ดังนั้น ความเร็วป้อนของการกัด ที่ใช้เท่ากับ 48 มิลลิเมตรต่อนาที

3.1.4 ดอกกัด 12 มิลลิเมตร

เมื่อ N = 3,981 รอบต่อนาที, f_z = 0.28 มิลลิเมตร, z = 4 ฟัน

V_f = 3,981 x 0.28 x 4 = 4,458.72 ≈ 4,459 มิลลิเมตรต่อนาที

ดังนั้น ความเร็วป้อนของการกัด ที่ใช้เท่ากับ 48 มิลลิเมตรต่อนาที

ข.3 การคำนวณหาจำนวนชิ้นที่ต้องทำการกัดร่องเพลาทองเหลืองสี่เหลี่ยมและเพลาอลูมิเนียมสี่เหลี่ยม

1. รายละเอียดในการกัดร่องทองเหลืองและอลูมิเนียม

1.1 มีดกัด 6 มิลลิเมตร

ใช้เพลาทองเหลืองสี่เหลี่ยม และเพลาอลูมิเนียมสี่เหลี่ยมขนาด 25 × 25 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร ทำการกัดร่องให้ได้ขนาด 6 มิลลิเมตร ยาว 50 มิลลิเมตร ลึก 1 มิลลิเมตร โดยใช้มีดกัดเอ็นมิล 4 ฟัน ความเร็วรอบของการกัดชิ้นงานทองเหลือง เท่ากับ 950 รอบต่อนาที และความเร็วรอบของการกัดชิ้นงานอลูมิเนียม เท่ากับ 2,350 รอบต่อนาที และใช้ความเร็วป้อนของการกัด เท่ากับ 48 มิลลิเมตรต่อนาที

1.2 มีดกัด 8 มิลลิเมตร

ใช้เพลาทองเหลืองสี่เหลี่ยม และเพลาอลูมิเนียมสี่เหลี่ยมขนาด 25 × 25 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร ทำการกัดร่องให้ได้ขนาด 8 มิลลิเมตร ยาว 50 มิลลิเมตร ลึก 1 มิลลิเมตร ใช้มีดกัดเอ็นมิล 4 ฟัน ความเร็วรอบของการกัดชิ้นงานทองเหลือง เท่ากับ 560 รอบต่อนาที และความเร็วรอบของการกัดชิ้นงานอลูมิเนียม เท่ากับ 2,350 รอบต่อนาที และใช้ความเร็วป้อนของการกัด เท่ากับ 48 มิลลิเมตรต่อนาที

1.3 มีดกัด 10 มิลลิเมตร

ใช้เพลาทองเหลืองสี่เหลี่ยม และเพลาอลูมิเนียมสี่เหลี่ยมขนาด 25 × 25 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร ทำการกัดร่องให้ได้ขนาด 10 มิลลิเมตร ยาว 50 มิลลิเมตร ลึก 1 มิลลิเมตร

ใช้มีดกัดเอ็นมิล 4 ฟัน ความเร็วรอบของการกัดชิ้นงานทองเหลือง เท่ากับ 560 รอบต่อนาที และความเร็วรอบของการกัดชิ้นงานอลูมิเนียม เท่ากับ 2,350 รอบต่อนาที และใช้ความเร็วป้อนของการกัด เท่ากับ 48 มิลลิเมตรต่อนาที

1.4 มีดกัด 12 มิลลิเมตร

ใช้เพลาทองเหลืองสี่เหลี่ยม และเพลาอลูมิเนียมสี่เหลี่ยมขนาด 25 × 25 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร ทำการกัดร่องให้ได้ขนาด 12 มิลลิเมตร ยาว 50 มิลลิเมตร ลึก 1 มิลลิเมตร ใช้มีดกัดเอ็นมิล 4 ฟัน ความเร็วรอบของการกัดชิ้นงานทองเหลือง เท่ากับ 560 รอบต่อนาที และความเร็วรอบของการกัดชิ้นงานอลูมิเนียม เท่ากับ 2,350 รอบต่อนาที และใช้ความเร็วป้อนของการกัด เท่ากับ 48 มิลลิเมตรต่อนาที

2. การคำนวณหาชิ้นงานที่ต้องการวัด

จากทฤษฎีทางสถิติศาสตร์ ในเรื่องการกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ผู้ดำเนินโครงงานได้กำหนดการทดลองงานตัวอย่าง 10 ตัวอย่าง ซึ่งได้อ้างอิงมาจากตารางกำหนดกลุ่มตัวอย่าง Krejcie and Morgan ได้มีการกำหนดการทดลองเป็น 10 ตัวอย่าง และมีการกำหนดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 10 ตัวอย่าง เช่นกัน และผู้ดำเนินโครงงานมีความต้องการระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 หรือยอมให้มีความคลาดเคลื่อนได้ร้อยละ 5 และได้ทำการกัดชิ้นงานในแต่ละประเภทอย่างละ 10 ตัวอย่าง จึงได้มีการคำนวณเพื่อสร้างวามเชื่อมั่น โดยใช้สมการดังนี้

จากสมการที่ (ข.2)

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \qquad \textbf{(ข.2)}$$

เมื่อ n คือ จำนวนตัวอย่าง

N คือ จำนวนของงาน

e คือ สัดส่วนความคลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับพารามิเตอร์

แทนค่าลงในสมการ (ข.1)จะได้

$$n = \frac{10}{1 + (10)(0.05)^2} = 9.76 \approx 10 \text{ ชิ้น}$$

ดังนั้น ต้องทำการวัดตัวอย่างที่ได้จากการทำทั้งหมด 10 ชิ้น

ข.4 การคำนวณช่วงมาตรฐานที่ยอมรับได้

การคำนวณช่วงมาตรฐานที่ยอมรับได้ โดยการเทียบกับตารางมาตรฐานค่าพิกัดความเผื่อ DIN/ISO 2768 แสดงรายละเอียดในตารางที่ ค.1 (ภาคผนวก ค)

การคำนวณหาช่วงมาตรฐานค่าพิกัดความเผื่อที่ยอมรับได้ของร่องกัดที่มีความยาว 50 มิลลิเมตร จากตารางที่ ค.1 จะใช้ช่วงค่าพิกัดความเผื่อของความยาวชิ้นงานที่อยู่ในช่วง 30–120 มิลลิเมตร คือ ±0.8 มิลลิเมตร

ดังนั้นค่าพิกัดความเผื่อของร่องกัดยาว 50 มิลลิเมตร คือ ค่าพิกัดความเผื่อตั้งแต่ 50.00–0.8 = 49.2 มิลลิเมตร และ 50.00+0.8 = 50.8 มิลลิเมตร หรือมีค่าพิกัดความเผื่ออยู่ในช่วง 49.2–50.8 มิลลิเมตร

ข.5 การคำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อน

จากสมการที่ (ข.2)

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\ \text{ค่าจริง} - \text{ค่าทดลอง}\ |}{\text{ค่าจริง}} \times 100 \qquad \textbf{(ข.2)}$$

นำค่าเฉลี่ยของความยาวที่ได้จากการทดสอบ และค่ามาตรฐาน มาแทนค่าในสมการที่ (ข.2) ดังต่อไปนี้

1. การคำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อนความยาวร่องกัดของเพลาทองเหลืองสี่เหลี่ยมและเพลาอลูมิเนียมสี่เหลี่ยม

1.1 การคำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อนความยาวร่องกัดของเพลาทองเหลืองสี่เหลี่ยม

1.1.1 คำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาวร่องกัดขนาด 6 มิลลิเมตร ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาว

ชิ้นงานทดสอบมีความยาวของร่องกัด เท่ากับ 50.13 มิลลิเมตร

ค่ามาตรฐานความยาวร่องกัด เท่ากับ 50.8 มิลลิเมตร

แทนค่าลงในสมการที่ (ข.2)

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\ 50.8 - 50.13\ |}{50.8} \times 100$$

$$= 1.32\ \%$$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาว เท่ากับ ร้อยละ 1.32

1.1.2 คำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาวร่องกัดขนาด 8 มิลลิเมตร ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาว

ชิ้นงานทดสอบมีความยาวของร่องกัด เท่ากับ 50.15 มิลลิเมตร

ค่ามาตรฐานความกว้างร่องกัด เท่ากับ 50.8 มิลลิเมตร

แทนค่าลงในสมการที่ (ข.2)

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\,50.8 - 50.15\,|}{50.8} \times 100$$

$$= 1.28\ \%$$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความกว้าง เท่ากับ ร้อยละ 1.28

1.1.3 คำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อนขอความยาวงร่องกัดขนาด 10 มิลลิเมตร ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาว

ชิ้นงานทดสอบมีความยาวของร่องกัด เท่ากับ 50.23 มิลลิเมตร

ค่ามาตรฐานความยาวร่องกัด เท่ากับ 50.8 มิลลิเมตร

แทนค่าลงในสมการที่ (ข.2)

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\,50.8 - 50.23\,|}{50.8} \times 100$$

$$= 1.12\ \%$$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาว เท่ากับ ร้อยละ 0.94

1.1.4 คำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาวร่องกัดขนาด 12 มิลลิเมตร ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาว

ชิ้นงานทดสอบมีความยาวของร่องกัด เท่ากับ 50.23 มิลลิเมตร

ค่ามาตรฐานความยาวร่องกัด เท่ากับ 50.8 มิลลิเมตร

แทนค่าลงในสมการที่ (ข.2)

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\,50.8 - 50.23\,|}{50.8} \times 100$$

$$= 1.12\ \%$$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาว เท่ากับ ร้อยละ 1.12

1.2 การคำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อนความยาวร่องกัดของเพลาอลูมิเนียมสี่เหลี่ยม

1.2.1 คำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาวร่องกัดขนาด 6 มิลลิเมตร ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาว

ชิ้นงานทดสอบมีความยาวของร่องกัด เท่ากับ 50.11 มิลลิเมตร

ค่ามาตรฐานความยาวร่องกัด เท่ากับ 50.8 มิลลิเมตร

แทนค่าลงในสมการที่ (ข.2)

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\,50.8 - 50.11\,|}{56.8} \times 100$$

$$= 1.36\ \%$$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาว เท่ากับ ร้อยละ 1.36

1.2.2 **คำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาวร่องกัดขนาด 8 มิลลิเมตร ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาว**

ชิ้นงานทดสอบมีความยาวของร่องกัด เท่ากับ 50.10 มิลลิเมตร

ค่ามาตรฐานความยาวร่องกัด เท่ากับ 50.8 มิลลิเมตร

แทนค่าลงในสมการที่ (ข.2)

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\,50.8 - 50.10\,|}{50.8} \times 100$$

$$= 1.38\ \%$$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาว เท่ากับ ร้อยละ 1.38

1.2.3 **คำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาวร่องกัดขนาด 10 มิลลิเมตร ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาว**

ชิ้นงานทดสอบมีความยาวของร่องกัด เท่ากับ 50.13 มิลลิเมตร

ค่ามาตรฐานความยาวร่องกัด เท่ากับ 50.8 มิลลิเมตร

แทนค่าลงในสมการที่ (ข.2)

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\,50.8 - 50.13\,|}{50.8} \times 100$$

$$= 1.32\ \%$$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาว เท่ากับ ร้อยละ 1.32

1.2.4 คำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาวร่องกัดขนาด 12 มิลลิเมตร ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาว

ชิ้นงานทดสอบมีความยาวของร่องกัด เท่ากับ 50.23 มิลลิเมตร

ค่ามาตรฐานความยาวร่องกัด เท่ากับ 50.8 มิลลิเมตร

แทนค่าลงในสมการที่ (ข.2)

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\,50.8 - 50.23\,|}{50.8} \times 100$$

$$= 1.12\ \%$$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาว เท่ากับ ร้อยละ 1.12

1.3 สรุปร้อยละความคลาดเคลื่อน

$$\bar{x} = \frac{\Sigma\, x}{n}$$

1.3.1 เฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาว

$$\bar{x} = \frac{1.32+1.28+1.12+1.12+1.36+1.38+1.32+1.12}{8}$$

$$= 1.252 \approx 1.25$$

ดังนั้น ค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาวเท่ากับ ร้อยละ 1.25

1.4 ความถูกต้อง หรือ ความแม่นยำ

ความถูกต้อง หรือ ความแม่นยำ (accuracy) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถของเครื่องมือวัด (instrument) ในการอ่านค่าหรือแสดงค่าที่วัดได้เข้าใกล้ค่าจริง โดยการคำนวณค่าความถูกต้อง

จากสมการ (ข.3)

$$\%\text{Accuracy} = 100 - \%\text{Error} \qquad \textbf{(ข.3)}$$

ค่า %Error ที่ได้จากการทดลองกัดชิ้นงานคือ 1.25 นำค่าที่ได้ไปแทนลงในสมการ ข.3

$$\%\text{Accuracy} = 100 - \%\text{Error}$$

$$= 100 - 1.25 = 98.75\ \%$$

ดังนั้น ค่าความแม่นยำที่ได้จากการทดลองกัดชิ้นงานมีค่าเท่ากับร้อยละ 98.75

2. การคำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อนความหยาบละเอียดของผิวงานของเพลาทองเหลืองสี่เหลี่ยม และเพลาอลูมิเนียมสี่เหลี่ยม

2.1 การคำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อนความหยาบละเอียดของผิวงานของเพลาทองเหลืองสี่เหลี่ยม

2.1.1 คำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อนของความหยาบละเอียดของผิวงานกัดขนาด 6 มิลลิเมตร ร้อยละความคลาดเคลื่อนความหยาบละเอียดของผิวงาน

2.1.1.1 ค่าความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra

ชิ้นงานทดสอบมีความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra เท่ากับ 1.01 ไมครอน ค่ามาตรฐานความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra เท่ากับ 2 ไมครอน แทนค่าลงในสมการที่ (ข.2)

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|2 - 1.01|}{2} \times 100$$

$$= 49.5\ \%$$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra ได้ผิวงานที่มีความละเอียดมากกว่ามาตรฐานเท่ากับ ร้อยละ 49.5

2.1.1.2 ค่าความหยาบละเอียดของผิวงาน Rz

ชิ้นงานทดสอบมีความหยาบละเอียดของผิวงาน Rz เท่ากับ 6.10 ไมครอน ค่ามาตรฐานความหยาบละเอียดของผิวงาน Rz เท่ากับ 10 ไมครอน แทนค่าลงในสมการที่ (ข.2)

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|10 - 6.10|}{10} \times 100$$

$$= 39\ \%$$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra ได้ผิวงานที่มีความละเอียดมากกว่ามาตรฐานเท่ากับ ร้อยละ 39

2.1.2 คำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อนของความหยาบละเอียดของผิวงานกัดขนาด 8 มิลลิเมตร ร้อยละความคลาดเคลื่อนความหยาบละเอียดของผิวงาน

2.1.2.1 ค่าความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra

ชิ้นงานทดสอบมีความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra เท่ากับ 1.53 ไมครอน ค่ามาตรฐานความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra เท่ากับ 2 ไมครอน แทนค่าลงในสมการที่ (ข.2)

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|2 - 1.53|}{2} \times 100$$

$$= 23.5\ \%$$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra ได้ผิวงานที่มีความละเอียดมากกว่ามาตรฐานเท่ากับ ร้อยละ 23.5

2.1.2.2 ค่าความหยาบละเอียดของผิวงาน Rz

ชิ้นงานทดสอบมีความหยาบละเอียดของผิวงาน Rz เท่ากับ 6.10 ไมครอน ค่ามาตรฐานความหยาบละเอียดของผิวงาน Rz เท่ากับ 10 ไมครอน แทนค่าลงในสมการที่ (ข.2)

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|10 - 6.23|}{10} \times 100$$

$$= 37.7\ \%$$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra ได้ผิวงานที่มีความละเอียดมากกว่ามาตรฐานเท่ากับ ร้อยละ 37.7

2.1.3 คำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อนของความหยาบละเอียดของผิวงานกัดขนาด 10 มิลลิเมตร ร้อยละความคลาดเคลื่อนความหยาบละเอียดของผิวงาน

2.1.3.1 ค่าความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra

ชิ้นงานทดสอบมีความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra เท่ากับ 1.71 ไมครอน ค่ามาตรฐานความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra เท่ากับ 2 ไมครอน แทนค่าลงในสมการที่ (ข.2)

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|2 - 1.71|}{2} \times 100$$

$$= 14.5\ \%$$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra ได้ผิวงานที่มีความละเอียดมากกว่ามาตรฐานเท่ากับ ร้อยละ 14.5

2.1.3.2 ค่าความหยาบละเอียดของผิวงาน Rz

ชิ้นงานทดสอบมีความหยาบละเอียดของผิวงาน Rz เท่ากับ 9.50 ไมครอน ค่ามาตรฐานความหยาบละเอียดของผิวงาน Rz เท่ากับ 10 ไมครอนแทนค่าลงในสมการที่ (ข.2)

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|10 - 9.50|}{10} \times 100$$

$$= 5\ \%$$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra ได้ผิวงานที่มีความละเอียดมากกว่ามาตรฐานเท่ากับ ร้อยละ 5

2.1.4 คำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อนของความหยาบละเอียดของผิวงานกัดขนาด 12 มิลลิเมตร ร้อยละความคลาดเคลื่อนความหยาบละเอียดของผิวงาน

2.1.4.1 ค่าความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra

ชิ้นงานทดสอบมีความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra เท่ากับ 0.92 ไมครอน ค่ามาตรฐานความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra เท่ากับ 2 ไมครอน แทนค่าลงในสมการที่ (ข.2)

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|2 - 0.92|}{2} \times 100$$

$$= 54\ \%$$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra ได้ผิวงานที่มีความละเอียดมากกว่ามาตรฐานเท่ากับ ร้อยละ 54

2.1.4.2 ค่าความหยาบละเอียดของผิวงาน Rz

ชิ้นงานทดสอบมีความหยาบละเอียดของผิวงาน Rz เท่ากับ 5.10 ไมครอน ค่ามาตรฐานความหยาบละเอียดของผิวงาน Rz เท่ากับ 10 ไมครอน แทนค่าลงในสมการที่ (ข.2)

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|10 - 5.10|}{10} \times 100$$

$$= 49\ \%$$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra ได้ผิวงานที่มีความละเอียดมากกว่ามาตรฐานเท่ากับ ร้อยละ 49

2.2 การคำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อนความหยาบละเอียดของผิวงานของเพลาอลูมิเนียม

2.2.1 คำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อนของความหยาบละเอียดของผิวงานกัดขนาด 6 มิลลิเมตร ร้อยละความคลาดเคลื่อนความหยาบละเอียดของผิวงาน

2.2.1.1 ค่าความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra

ชิ้นงานทดสอบมีความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra เท่ากับ 1.67 ไมครอน ค่ามาตรฐานความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra เท่ากับ 2 ไมครอน แทนค่าลงในสมการที่ (ข.2)

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|2 - 1.67|}{2} \times 100$$

$$= 16.5\ \%$$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra ได้ผิวงานที่มีความละเอียดมากกว่ามาตรฐานเท่ากับ ร้อยละ 16.5

2.2.1.2 ค่าความหยาบละเอียดของผิวงาน Rz

ชิ้นงานทดสอบมีความหยาบละเอียดของผิวงาน Rz เท่ากับ 9 ไมครอน ค่ามาตรฐานความหยาบละเอียดของผิวงาน Rz เท่ากับ 10 ไมครอน แทนค่าลงในสมการที่ (ข.2)

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|10-9|}{10} \times 100$$

$$= 10\ \%$$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra ได้ผิวงานที่มีความละเอียดมากกว่ามาตรฐานเท่ากับ ร้อยละ 10

2.2.2 คำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อนของความหยาบละเอียดของผิวงานกัดขนาด 8 มิลลิเมตร ร้อยละความคลาดเคลื่อนความหยาบละเอียดของผิวงาน

2.2.2.1 ค่าความหยาบละเอียดของผิวงาน Rz

ชิ้นงานทดสอบมีความหยาบละเอียดของผิวงาน Rz เท่ากับ 9.10 ไมครอน ค่ามาตรฐานความหยาบละเอียดของผิวงาน Rz เท่ากับ 10 ไมครอน แทนค่าลงในสมการที่ (ข.2)

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|10-9.1|}{10} \times 100$$

$$= 9\ \%$$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra ได้ผิวงานที่มีความละเอียดมากกว่ามาตรฐานเท่ากับ ร้อยละ 9

2.2.3 คำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อนของความหยาบละเอียดของผิวงานกัดขนาด 12 มิลลิเมตร ร้อยละความคลาดเคลื่อนความหยาบละเอียดของผิวงาน

2.2.3.1 ค่าความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra

ชิ้นงานทดสอบมีความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra เท่ากับ 1.34 ไมครอน ค่ามาตรฐานความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra เท่ากับ 2 ไมครอน แทนค่าลงในสมการที่ (ข.2)

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|2-1.34|}{2} \times 100$$

$$= 33\ \%$$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra ได้ผิวงานที่มีความละเอียดมากกว่ามาตรฐานเท่ากับ ร้อยละ 33

2.2.3.2 ค่าความหยาบละเอียดของผิวงาน Rz

ชิ้นงานทดสอบมีความหยาบละเอียดของผิวงาน Rz เท่ากับ 5.95 ไมครอน ค่ามาตรฐานความหยาบละเอียดของผิวงาน Rz เท่ากับ 10 ไมครอน แทนค่าลงในสมการที่ (ข.2)

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|10 - 5.95|}{10} \times 100$$

$$= 40.5\ \%$$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra ได้ผิวงานที่มีความละเอียดมากกว่ามาตรฐานเท่ากับ ร้อยละ 40.5

2.3 สรุปร้อยละความคลาดเคลื่อน

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{n}$$

2.3.1 เฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของความหยาบละเอียดของผิวงาน

$$\bar{x} = \frac{49.5+39+23.5+37.7+14.5+5+54+49+16.5+10+9+33+40.5}{13}$$

$$= 29.323 \approx 29.32$$

ดังนั้น ค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของความหยาบละเอียดของผิวงานมีค่ามากกว่ามาตรฐาน ร้อยละ 29.32

ภาคผนวก ค

ตารางมาตรฐานต่างๆ

ตารางที่ ค.1 ตารางมาตรฐานค่าพิกัดความเผื่อ DIN/ISO 2768

Permissible deviations in mm for ranges in nominal lengths	f (fine)	Tolerance class designation (description)		v (very coarse)
		m (medium)	c (coarse)	
0.5 up to 3	±0.05	±0.1	±0.2	-
over 3 up to 6	±0.05	±0.1	±0.3	±0.5
over 6 up to 30	±0.1	±0.2	±0.5	±1.0
over 30 up to 120	±0.15	±0.3	±0.8	±1.5
over 120 up to 400	±0.2	±0.5	±1.2	±2.5
over 400 up to 1000	±0.3	±0.8	±2.0	±4.0
over 1000 up to 2000	±0.5	±1.2	±3.0	±6.0
over 2000 up to 4000	-	±2.0	±4.0	±8.0

ที่มา :http://hastaymakina.com/pdf/genel-boyut-toleranslari.pdf

ตารางที่ ค.2 อัตราการป้อนต่อฟันสำหรับมีดกัดเหล็กไฮสปีดมีหน่วยเป็น มิลลิเมตรต่อฟัน

วัสดุ	มีดกัดปาดหน้า	มีดกัดเฮลิก	มีดกัดร่องและกัดข้าง	มีดกัดเอ็นมิลล์	มีดกัดใบเลื่อนวงเดือน
อลูมิเนียม	0.55	0.45	0.33	0.28	0.13
ทองเหลืองและทองสัมฤทธิ์ (ปานกลาง)	0.35	0.28	0.20	0.18	0.08
เหล็กหล่อ (ปานกลาง)	0.33	0.25	0.18	0.18	0.08
เหล็กเหนียว (ปานกลาง)	0.30	0.25	0.18	0.15	0.08
เหล็กเครื่องมือ (ปานกลาง)	0.25	0.20	0.15	0.13	0.08
เหล็กสแตนเลส	0.15	0.13	0.10	0.08	0.05

ที่มา : พื้นฐานทางช่าง

ตารางที่ ค.3 ความเร็วตัด มีหน่วยเป็น เมตรต่อนาที

วัสดุ	มีดกัดไฮสปีด	มีดกัดคาร์ไบด์
เหล็กเหนียว	21 – 30	45 – 75
เหล็กเครื่องมือ	18 – 20	40 – 60
เหล็กหล่อ	15 – 25	40 – 60
ทองสัมฤทธิ์	20 – 35	60 – 120
อลูมิเนียม	150 – 300	300 – 600

ที่มา : พื้นฐานทางช่าง

ตารางที่ ค.4 ตารางมาตรฐานค่าความหยาบละเอียดผิวงาน DIN/ISO 4288

Recommended Cut-Off (DIN/ISO 4288)				
Periodic Profiles	Non-Periodic Profiles		Cut-Off	Samling Length/Evaluation Length
Spacing Distance RSm (mm)	Rz (µm)	Ra (µm)	λc (mm)	λc/L (mm)
0.013-0.04	To 0.1	To 0.02	0.08	0.08/0.4
0.04-0.13	0.1-0.5	0.02-0.1	0.25	0.25/1.25
0.13-0.4	0.5-10	0.1-2	0.8	0.8/4
0.4-1.3	10-50	2-10	2.5	2.5/12.5
1.3-4.0	50	10	8	8/40

ที่มา : https://www.taylorhobsonserviceusa.com

ภาคผนวก ง

การสร้าง และทดลองโต๊ะงานสำหรับติดตั้งเครื่องเจาะ

ง.1 การสร้างโต๊ะงานสำหรับติดตั้งบนเครื่องเจาะ

การสร้างโต๊ะงานสำหรับติดตั้งบนเครื่องเจาะลงมือสร้างตามที่ได้ออกแบบไว้ ดังต่อไปนี้

1.1 การสร้างระบบค้ำและตัวจับยึดโต๊ะงาน

จากการที่ได้ทำการออกแบบและจัดหาอุปกรณ์ของระบบค้ำและตัวจับยึดชิ้นงาน จึงได้ทำการสร้างดังนี้

1.1.1 นำทองเหลืองที่เตรียมไว้นำมากัดให้ได้ขนาด 12 x 30 x 10 มิลลิเมตร แล้วนำมาเจาะรูและต๊าปเกรียวให้ได้ขนาด 8 มิลลิเมตร ตามที่ออกแบบไว้ ดังรูปที่ ก.11

1.1.2 นำน็อตขนาด 8 มิลลิเมตรยาว 100 มิลลิเมตร จำนวน 2 ตัว มาตัดส่วนหัวออก ให้เหลือแต่ส่วนเกลียว ตามที่ได้ออกแบบไว้ดังรูปที่ ก.12

1.1.3 นำหัวน็อตตัวเมียเขนาดเกรียว 8 มิลลิเมตร 2 หัว มาเชื่อมติดกัน และทำหางปลาติดกับหัวน็อตที่ได้ทำการเชื่อมไว้ จำนาน 2 ชุดเพื่อความสะดวกในการจับยึดโต๊ะงานกับแท่นสว่านตั้งโต๊ะ

1.1.4 นำน็อตหัวตัวเมียขนาดเกรียว 8 มิลลิเมตร 1 หัว และนำหางปลามาเชื่อมติดกับหัวน็อต จำนวน 2 ชุด เพื่อปรับความแข็งแรงให้กับรางเลื่อนของโต๊งาน

1.1.5 นำส่วนประกอบของระบบค้ำและจับยึดชิ้นงานทั้งหมด มาประกอบเข้าด้วยกัน จำนวน 2 ชุด ให้ได้ลักษณะตามที่ออกแบบไว้หลังจากประกอบกันเรียบร้อยแล้ว จะมีลักษณะดังรูปที่ ก.14

1.2 การสร้างชุดอ่านค่าสำหรับติดตั้งโต๊ะงาน

จากการที่ได้ทำการออกแบบและจัดหาอุปกรณ์ของชุดอ่านค่าสำหรับติดตั้งโต๊ะงาน จึงได้ทำการสร้างดังนี้

1.2.1 นำสังกะสีความหน้า 0.5 มิลลิเมตร มาตัดให้ได้ขนาดตามที่ออกแบบไว้ ดังรูปที่ ก.5

1.2.2 นำเวอร์เนียดิจิตอล มาตัดก้านวัดใน ก้านวัดนอก และก้านวัดลึกออก

1.2.3 นำแผ่นพลาสติกหนา 5 มิลลิเมตร มาตัดให้ได้ขนาด 18 x 20 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชิ้น ดังรูปที่ ก.6

1.2.4 นำชิ้นส่วน ในข้อ 1.2.1, 1.2.2 และ1.2.3 มาประกอบกันตามที่ออกแบบไว้ หลังจากประกอบกันเรียบร้อยแล้ว จะมีลักษณะดังรูปที่ ก.14

1.3 การสร้างชุดรางเลื่อนสำหรับติดตั้งมอเตอร์

จากการที่ได้ทำการออกแบบและจัดหาอุปกรณ์ของชุดรางเลื่อนสำหรับติดตั้งมอเตอร์ จึงได้ทำการสร้างดังนี้

1.3.1 นำแผ่นสังกะสีขนาด 90 x 80 x 1 มิลลิเมตร จำนวน 1 แผ่น มาพับ และเจาะรูให้ได้ขนาด ดังรูปที่ ก.4

1.3.2 นำแผ่นสังกะสีขนาด 60 x 50 x 1 มิลลิเมตร จำนวน 1 แผ่น มาพับ และเจาะรูให้ได้ขนาด ดังรูปที่ ก.7

1.3.3 นำแผ่นทั้ง 2 มาประกอบเข้าด้วยกันโดยใช้สกรู M4

1.3.4 นำรางเลื่อนมาประกอบเข้ากับตัวโต๊ะงาน

1.3.5 นำแท่งทองเหลืองขนาด Ø13 x 20 มิลลิเมตร มาทำการกัดให้ได้ขนาดตามที่ออกแบบไว้ ดังรูปที่ ก.11 จากนั้นนำไปติดตั้งไว้ที่ปลายสกรูของโต๊ะงาน

1.4 การสร้างชุดมอเตอร์และกล่องควบคุม

1.4.1 ทำการออกแบบ และเขียนวงจรการทำงานของมอเตอร์ ดังรูปที่ 4.5

1.4.2 นำอุปกรณ์ตามที่ออกแบบไว้มาประกอบลงในกล่องควบคุม ดังรูปที่ 4.6

1.4.3 ต่อสายไฟจากกล่องควบคุมไปยังมอเตอร์

1.4.4 นำแท่งทองเหลืองขนาด Ø13 x 20 มิลลิเมตร มาทำการกัดให้ได้ขนาดตามที่ออกแบบไว้ ดังรูปที่ ก.11 จากนั้นนำมาติดตั้งกับมอเตอร์

1.5 การสร้างโต๊ะงานและประกอบทุกส่วนเข้าด้วยกัน

นำชิ้นส่วนต่างๆ มาประกอบเข้าด้วยกัน โดยนำชุดอ่านค่ามายึดติดกับโต๊ะงานด้วยกรูเกลียวปล่อย จากนั้นนำชุดค้ำและตัวจับยึดโต๊ะงานมาติดตั้งเข้ากับตัวโต๊ะงานโดยแท่งทองเหลืองจะอยู่ภายในร่องด้านล่างของรางเลื่อน และนำชุดมอเตอร์กับกล่องควบคุมมาติดตั้งบนชุดลางเลื่อนและนำไปติดตั้งเข้ากับตัวโต๊ะงาน เมื่อประกอบเสร็จแล้วจะได้ ดังรูปที่ ก.14

ง.2 วิธีการทดลอง

2.1 จัดเตรียมชิ้นงานที่จะนำมาทำการทดลองกัดร่องในแนวแกน x ดังต่อไปนี้

2.1.1 เพลาทองเหลืองสี่เหลี่ยมขนาด 25 x 25 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร จำนวน 10 แท่ง โดยทำการร่องด้วยดอกกัดขนาด 6, 8, 10, และ12 มิลลิเมตร ยาว 50 มิลลิเมตร ลึก 1 มิลลิเมตร อย่างละ 10 ร่อง

2.1.2 เพลาอลูมิเนียมสี่เหลี่ยมขนาด 25 x 25 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร จำนวน 10 แท่ง โดยทำการร่องด้วยดอกกัดขนาด 6, 8, 10, และ12 มิลลิเมตร ยาว 50 มิลลิเมตร ลึก 1 มิลลิเมตร อย่างละ 10 ร่อง

2.1.3 เพลาทองเหลืองสี่เหลี่ยมขนาด 25 x 25 มิลลิเมตร ยาว 130 มิลลิเมตร จำนวน 1 แท่ง โดยทำการร่องด้วยดอกกัดขนาด 6, 8, 10, และ12 มิลลิเมตร ยาว 130 มิลลิเมตร ลึก 1 มิลลิเมตร อย่างละ 1 ร่อง

2.1.4 เพลาอลูมิเนียมสี่เหลี่ยมขนาด 25 x 25 มิลลิเมตร ยาว 130 มิลลิเมตร จำนวน 1 แท่ง โดยทำการร่องด้วยดอกกัดขนาด 6, 8, 10, และ12 มิลลิเมตร ยาว 130 มิลลิเมตร ลึก 1 มิลลิเมตร อย่างละ 1 ร่อง

2.2 ตรวจสอบเครื่องเจาะ ยี่ห้อ Strong รุ่น SC–15 ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์พร้อมใช้งาน

2.3 ตรวจสอบโต๊ะงานให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์พร้อมใช้งาน

2.4 นำโต๊ะงานไปติดตั้งบนแท่นรองรับงานของเครื่องเจาะ

2.5 นำดอดกัดไปติดตั้งที่หัวจับดอกสว่านทำการขันยึดให้แน่น และทำการตั้งความเร็วรอบให้ใกล้เคียงกับการคำนวณมากที่สุด ซึ่งความเร็วรอบขึ้นอยู่กับขนาดของดอกกัด โดยจะทำการกัดด้วยดอกกัดขนาด 6, 8, 10, และ 12 มิลลิเมตร ดังรูปที่ ฉ.14

2.6 วางชิ้นในตำแหน่งที่จะทำการกัดและจับยึดชิ้นงานให้แน่นด้วยปากกาจับชิ้นงาน ดังรูปที่ ฉ.13

2.7 เปิดสวิตช์เครื่องเจาะ และปรับตั้งระยะความลึกโดยการเลื่อนหัวจับดอกกัดลงมาด้วยคันโยก ดังรูปที่ ฉ.14

2.8 นำพาชิ้นงานกัดโดยการหมุนด้วยมือหมุนหรือการเปิดใช้งานมอเตอร์เพื่อให้โต๊ะงานเคลื่อนที่แบบ Auto จากกล่องควบคุม ดังรูปที่ ฉ.15 เพื่อทำการกัดงานตามที่ได้กล่าวไว้ในข้อที่ 1

2.9 ทำการสังเกตค่าระยะทางที่โต๊ะงานเคลื่อนที่ได้จากตัวอ่านค่า เมื่อได้ระยะที่กำหนดไว้ให้หยุดหมุนหรือปิดใช้งานมอเตอร์ ดังรูปที่ ฉ.17

2.10 ปิดสวิตช์เครื่องเจาะ และยกหัวจับดอกกัดขึ้นเพื่อทำการนำชิ้นงานออกจากปากกาจับชิ้นงาน

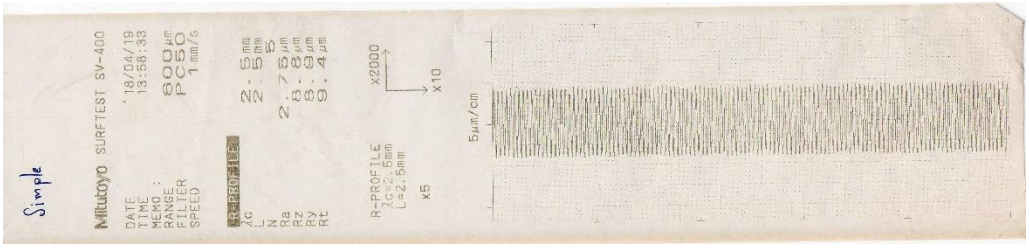
2.11 ทำการวัดค่าความยาวของร่องกัดที่กัดในระยะ 50 มิลลิเมตร ด้วยเวอร์เนียดิจิตอล จากนั้น ทำการหาค่าเฉลี่ย และบันทึกผลลงในตารางแล้วนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปเทียบกับช่วงมาตรฐานค่าพิกัดความเผื่อ DIN/ISO 2768 ว่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้หรือไม่

2.12 ทำการวัดค่าความหยาบละเอียดผิวบนชิ้นงานที่มีร่องกัดยาว 130 มิลลิเมตร ด้วยเครื่อง Surface Measuring Instrument Surftest-400 ยี่ห้อ MITUTOYO จากนั้นทำการหาค่าเฉลี่ยแล้วบันทึกผลลงในตาราง และนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปเปรียบเทียบกับช่วงค่ามาตรฐานความหยาบผิวเฉลี่ยเลขคณิต (Ra) และช่วงค่ามาตรฐานความหยาบผิวขนาดโดยเฉลี่ย (Rz) ของมาตร ISO 4288 ว่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้หรือไม่

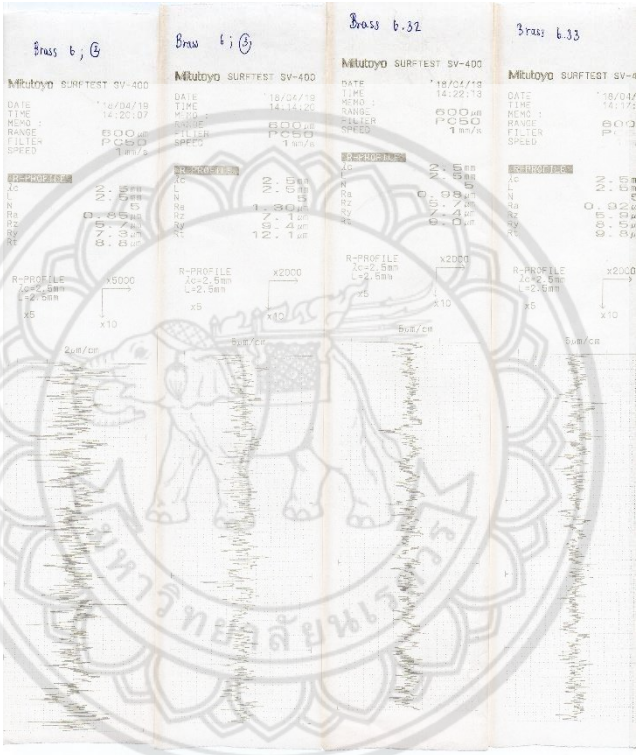
2.13 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

ภาคผนวก จ

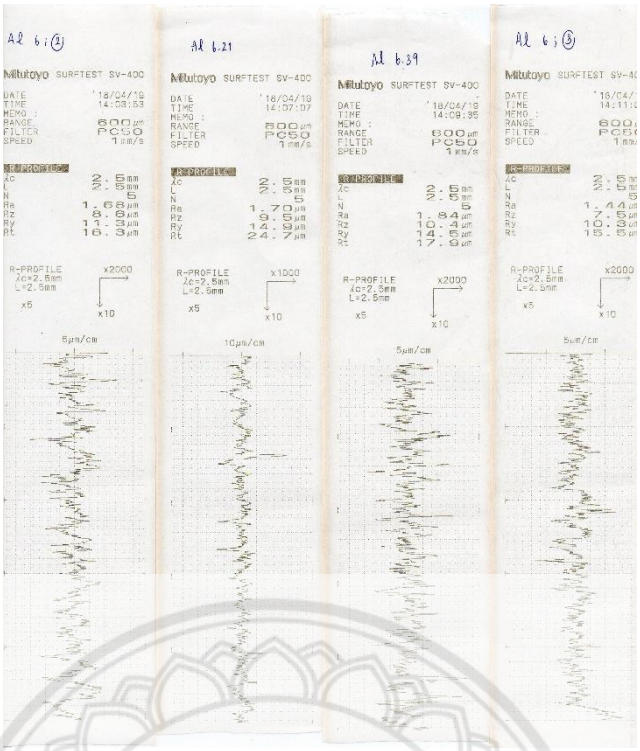
ภาพผลการทดสอบค่าความหยาบละเอียดของผิวงาน



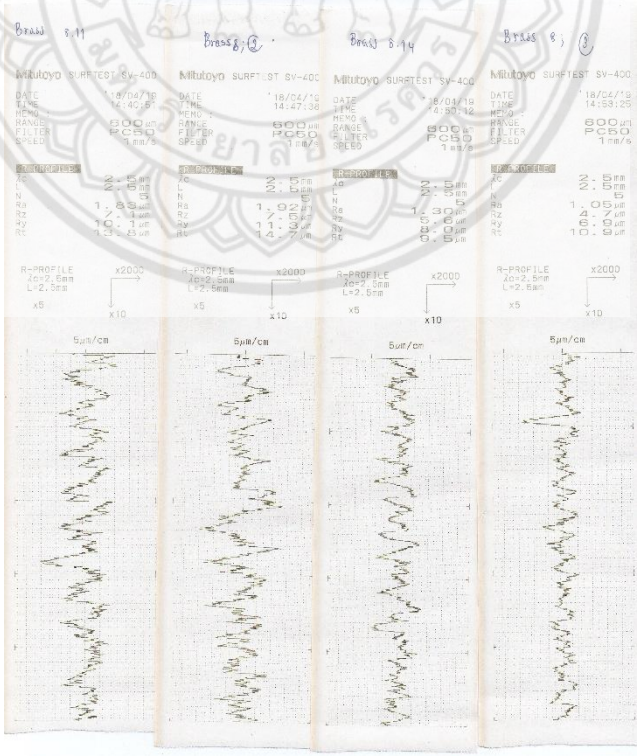
รูปที่ จ.1 กราฟความหยาบละเอียดผิวงานของชิ้นงานตัวอย่าง



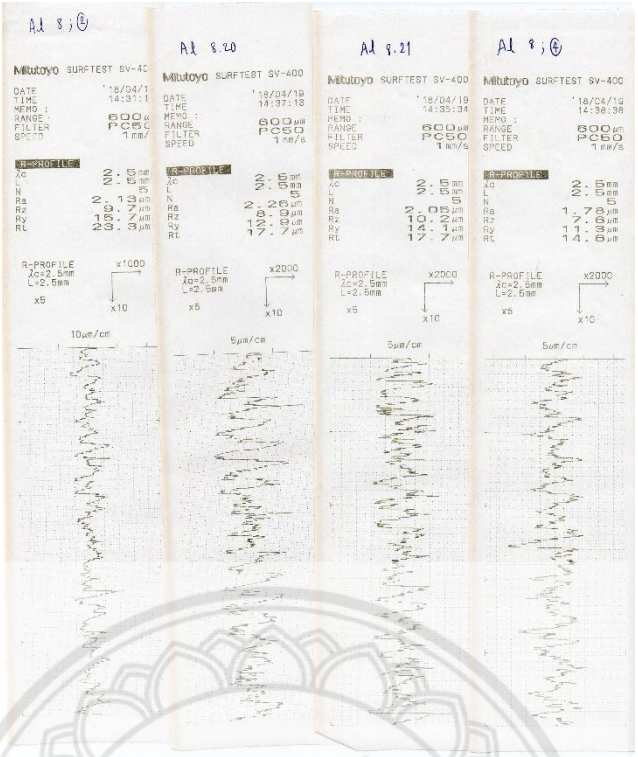
รูปที่ จ.2 กราฟความหยาบละเอียดผิวงานของชิ้นงานเพลาทองเหลือง
ที่กัดด้วยดอกกัดขนาด 6 มิลลิเมตร



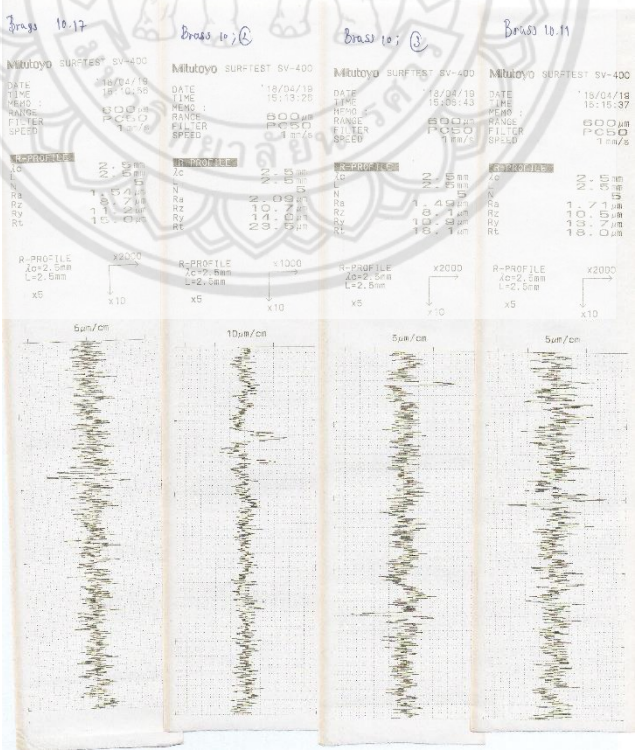
รูปที่ จ.3 กราฟความหยาบละเอียดผิวงานของชิ้นงานเพลาอลูมิเนียม
ที่กัดด้วยดอกกัดขนาด 6 มิลลิเมตร



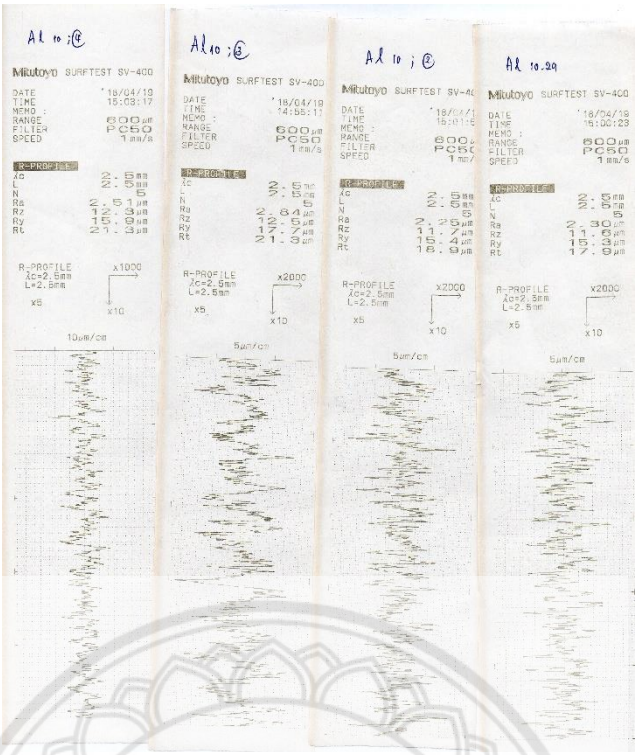
รูปที่ จ.4 กราฟความหยาบละเอียดผิวงานของชิ้นงานเพลาทองเหลือง
ที่กัดด้วยดอกกัดขนาด 8 มิลลิเมตร



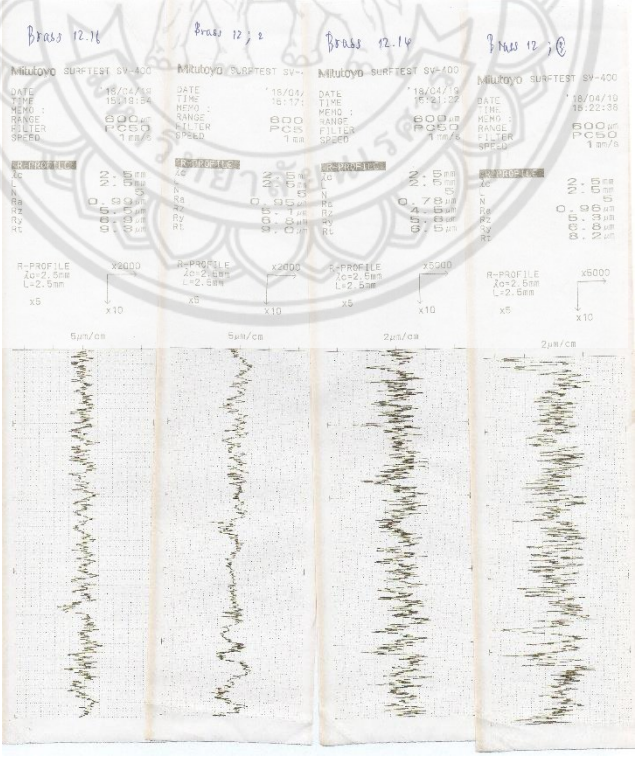
รูปที่ จ.5 กราฟความหยาบละเอียดผิวงานของชิ้นงานเพลาอลูมิเนียม
ที่กัดด้วยดอกกัดขนาด 8 มิลลิเมตร



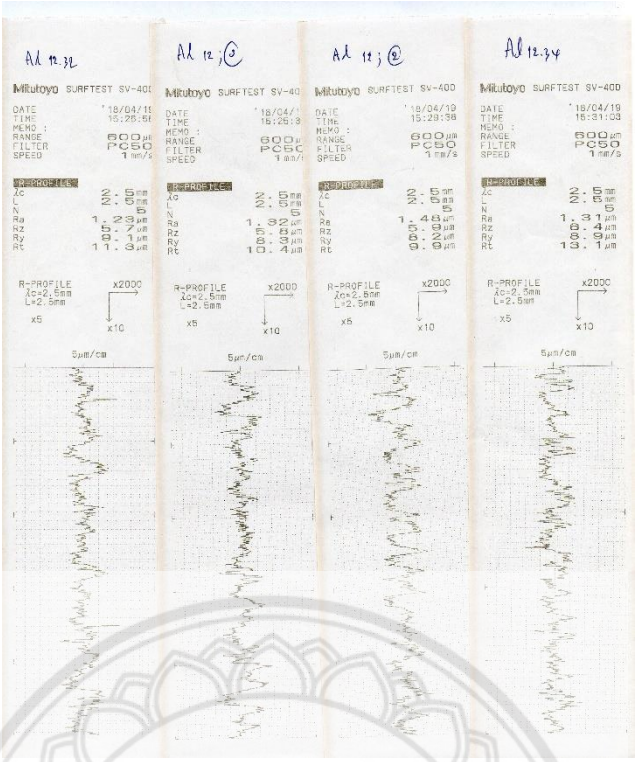
รูปที่ จ.6 กราฟความหยาบละเอียดผิวงานของชิ้นงานเพลาทองเหลือง
ที่กัดด้วยดอกกัดขนาด 10 มิลลิเมตร



รูปที่ จ.7 กราฟความหยาบละเอียดผิวงานของชิ้นงานเพลาอลูมิเนียม
ที่กัดด้วยดอกกัดขนาด 10 มิลลิเมตร



รูปที่ จ.8 กราฟความหยาบละเอียดผิวงานของชิ้นงานเพลาทองเหลือง
ที่กัดด้วยดอกกัดขนาด 12 มิลลิเมตร

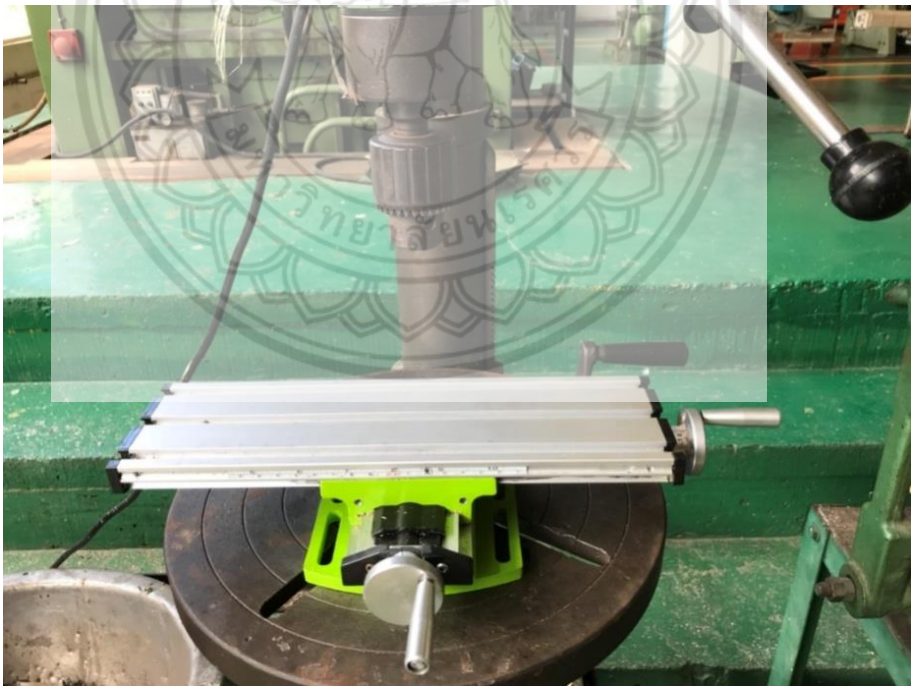


รูปที่ จ.9 กราฟความหยาบละเอียดผิวงานของชิ้นงานเพลาอลูมิเนียม ที่กัดด้วยดอกกัดขนาด 12 มิลลิเมตร

ภาคผนวก ฉ

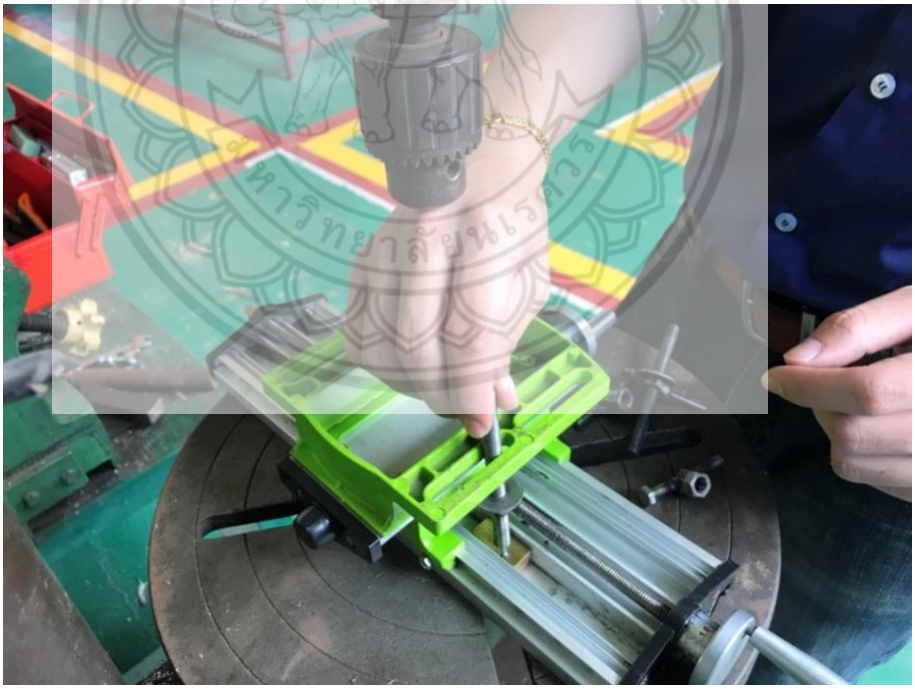
ภาพประกอบโครงงาน

รูปที่ ฉ.1 เครื่องเจาะในอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหการ

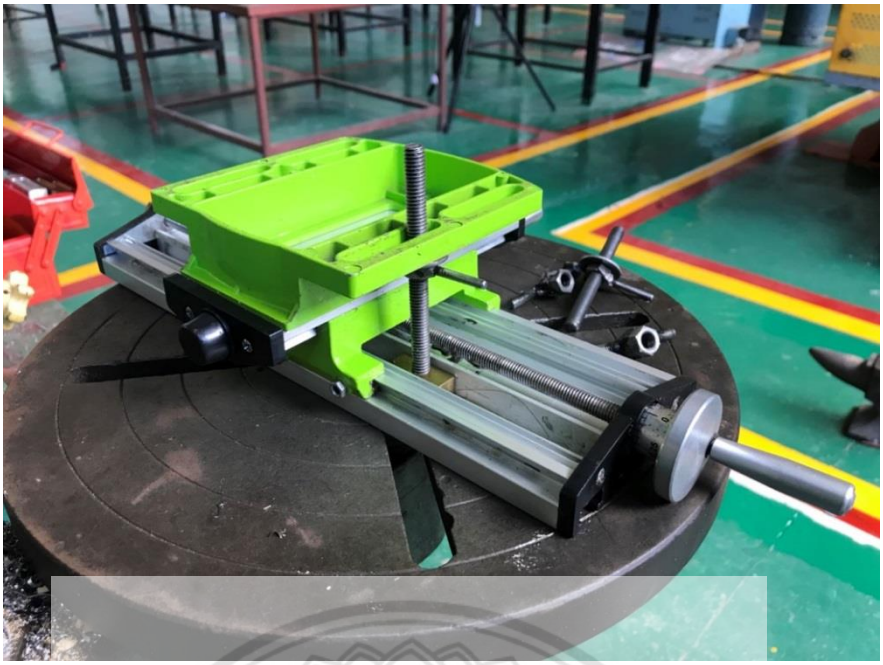


รูปที่ ฉ.2 จัดวางโต๊ะงานบนฐานรองปากกาจับชิ้นงาน

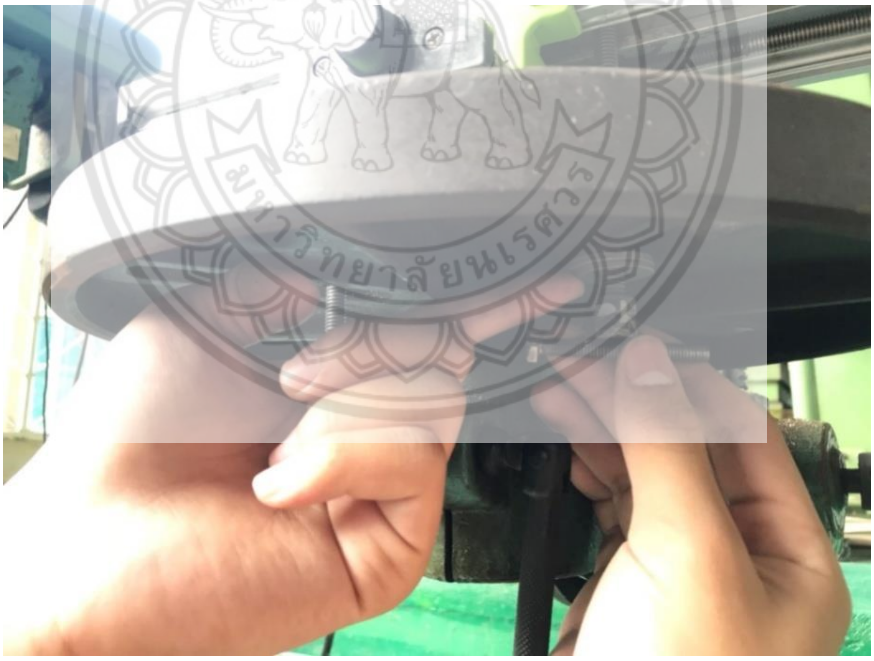
รูปที่ ฉ.3 ใส่แท่งทองเหลืองลงในรางเลื่อน



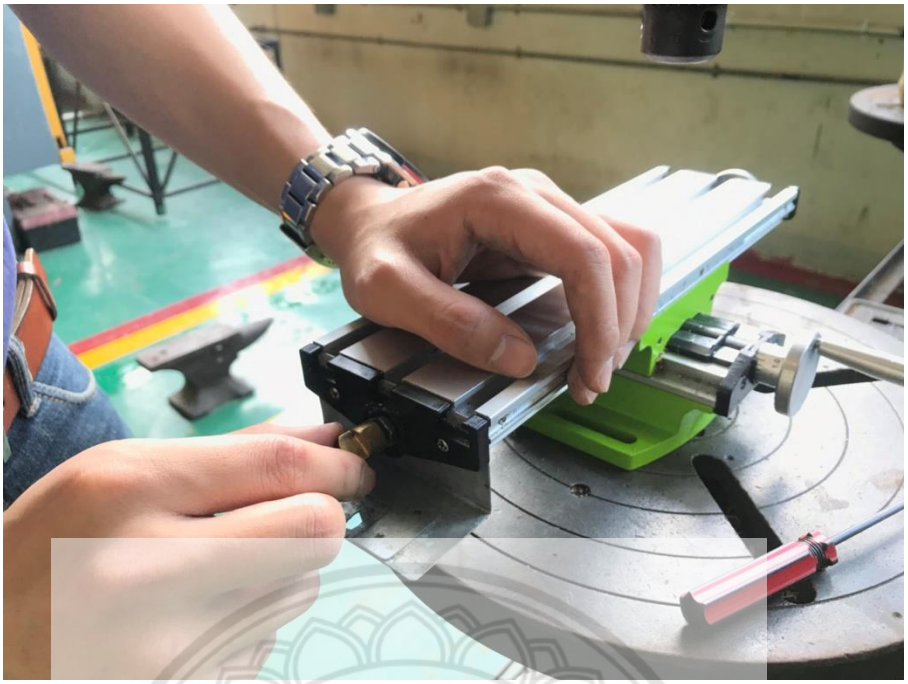
รูปที่ ฉ.4 ใส่สกรู 8 มิลลิเมตร ยึดระหว่างตัวฐานโต๊ะกับรางเลื่อน



รูปที่ ฉ.5 ตัวปรับความแข็งแรงของโต๊ะงาน



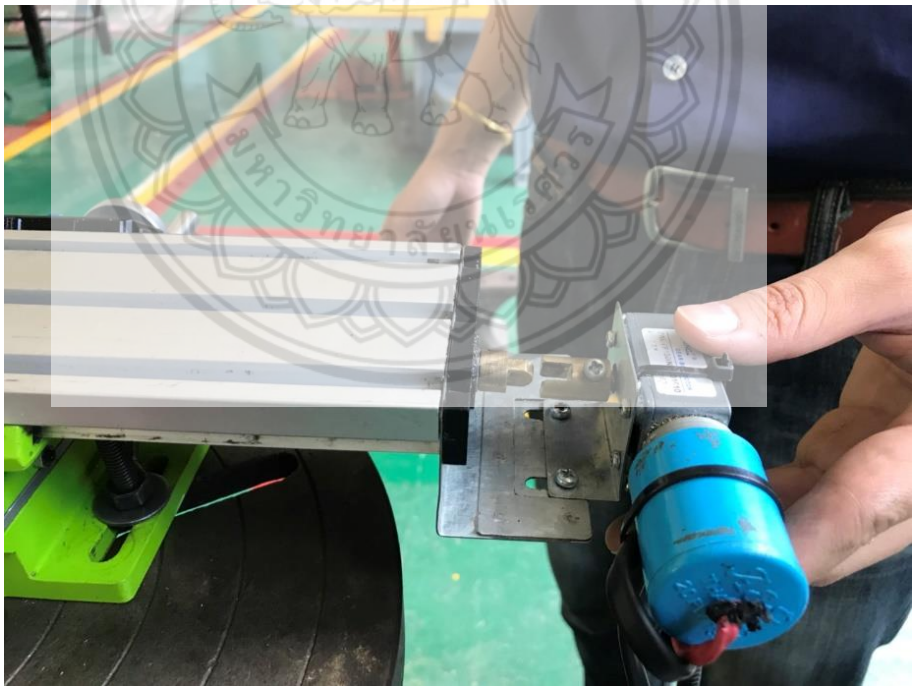
รูปที่ ฉ.6 ใช้หัวน็อตที่มีหางปลาเพื่อความสะดวกในการติดตั้ง



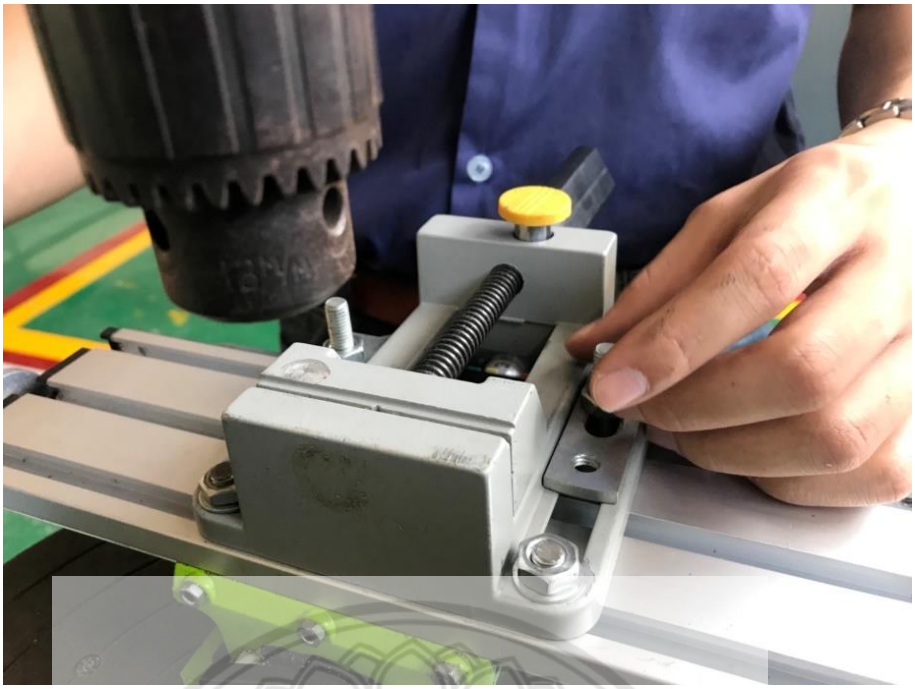
รูปที่ ฉ.7 ประกอบข้อต่อตัวผู้

รูปที่ ฉ.8 ติดตั้งข้อต่อตัวเมียเพื่อนำไปใช้งานในระบบ Auto

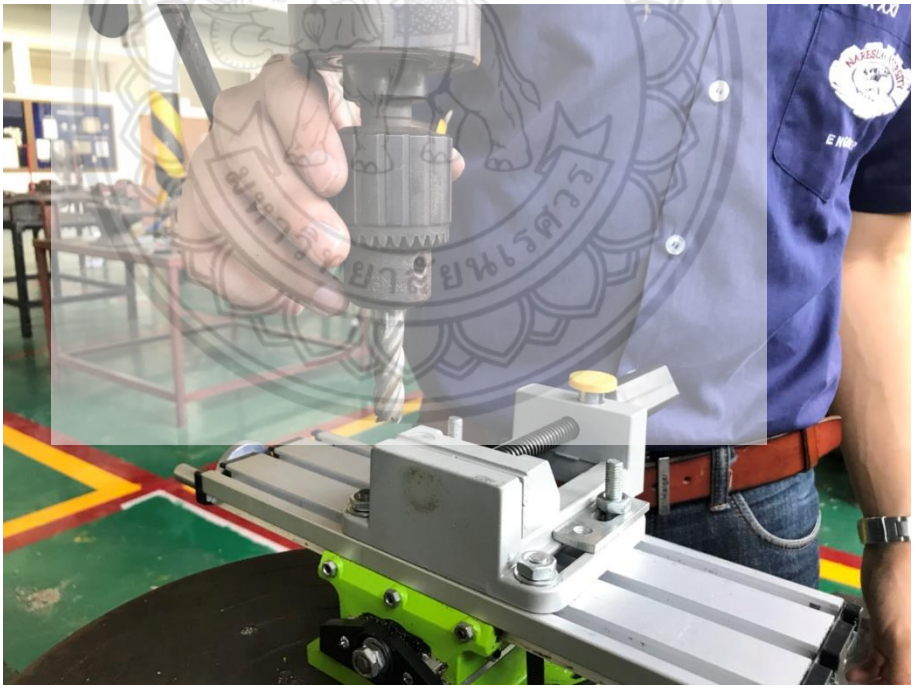
รูปที่ ฉ.9 ติดตั้งเวอร์เนียดิจิตอลและนำน๊อตมาขันยึดตัวอ่านค่า



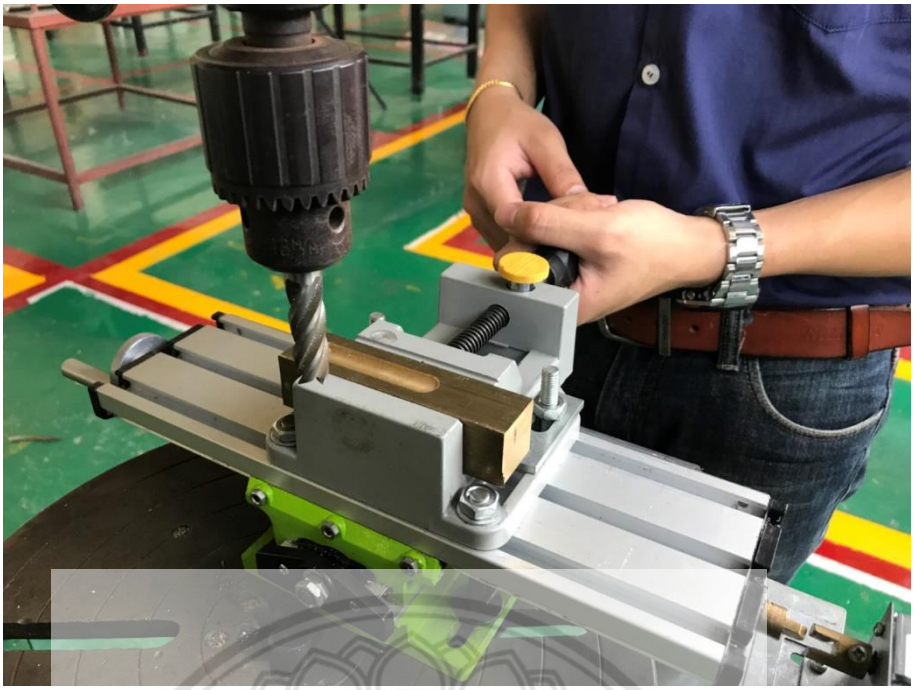
รูปที่ ฉ.10 ทำการติดตั้งมอเตอร์ลงบนลางเลื่อน



รูปที่ ฉ.11 ติดตั้งปากกาจับชิ้นงาน

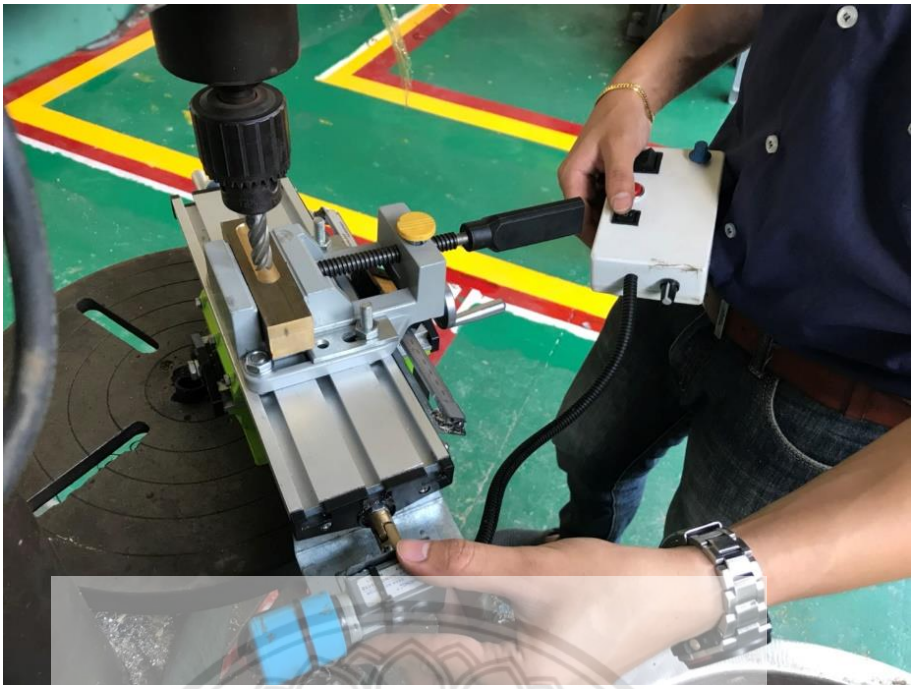


รูปที่ ฉ.12 ติดตั้งหัวกัดในหัวจับดอกสว่าน



รูปที่ ฉ.13 จับยึดให้แน่นด้วยปากกาจับชิ้นงาน

รูปที่ ฉ.14 ปรับตั้งระยะความลึก



รูปที่ ฉ.15 นำข้อต่อตัวผู้และข้อต่อตัวเมียมาประกบกันเพื่อทำการเลื่อนแบบ Auto โดยทำการควบคุมจากกล่องควบคุม

รูปที่ ฉ.16 ตัวค้ำและตัวจับยึดโต๊ะงาน

รูปที่ ฉ.17 ข้อต่อตัวผู้และข้อต่อตัวเมีย

รูปที่ ฉ.18 ชุดอ่านค่า